Niveau(x) d'enseignement : 7
Centre d'intérêt : 843

Numéro EDUQ : 9970300

Cantin, Réal

Chimie raisonnée : expérimentation d'une méthode d'enseignement en Chimie 101 : rapport de recherche / Réal Cantin, Laurent Chénard avec la collab. de Romain Rousseau. -- [Rimouski] : Collège de Rimouski, [1996?]
v, 139 p. ; 28 cm

Code : 1532-0-272. Bibliogr. : p. 135-139

ISBN 2-921214-11-3

Vedette(s)-secondaire(s) : Chénard, Laurent. + Collège de Rimouski

Descripteur(s) : Chimie + Méthode d'enseignement + Enseignement individualisé + Evaluation de l'apprentissage + Collégial (Ordre d'enseignement)

Ce document constitue le rapport de l'expérimentation d'une méthode d'enseignement semi-individualisée, appelée "Chimie raisonnée", élaborée dans le but de remédier à l'insatisfaction relative à l'enseignement du cours de chimie générale 202-101 au collégial. Cette méthode se situe dans la lignée des méthodes BSCR et LOGOS et préconise une démarche qui va du concret vers l'abstrait en respectant les étapes correspondant à la théorie des stages piagétains. Six classes de chimie 202-101, dont trois servaient de groupes témoins, ont participé à l'expérimentation à la session d'automne 1987 au Cégep de Rimouski. On a voulu vérifier l'hypothèse de recherche selon laquelle la méthode de "Chimie raisonnée" produit des résultats équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de la chimie. Finalement, il ressort de cette expérimentation que les étudiants soumis à "Chimie raisonnée" présentent un meilleur taux de réussite à la fois dans les cours de mathématiques et de chimie.

Type de document :

Chimie raisonnée

Expérimentation
d'une méthode d'enseignement
en chimie 101

Rapport de recherche

Réal Cantin
Laurent Chénard

Cegep de Rimouski

avec la collaboration de
Romain Rousseau
de l'Université du Québec à Rimouski

90-70300

CHIMIE RAISONNÉE

EXPÉRIMENTATION D'UNE MÉTHODE D'ENSEIGNEMENT EN CHIMIE 101

RAPPORT DE RECHERCHE

RÉAL CANTIN
LAURENT CHÉNARD

CÉGEP DE RIMOUSKI

avec la collaboration de
Romain Rousseau
de l'Université du Québec à Rimouski

Cette recherche a été subventionnée par la Direction Générale de l'Enseignement Collégial dans le cadre du Programme d'Aide à la Recherche sur l'Enseignement et l'Apprentissage.

Dépôt légal: 1er trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-921214-11-3

Page couverture: Nicole Jean
Saisie du texte: Ginette D'Amours, Johanne Pinsault, Chantal Jean, Sylvie Nadeau

90-70300

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été réalisée grâce à l'aide financière de la Direction Générale de l'Enseignement Collégial, par l'intermédiaire de P.A.R.E.A. Nous tenons d'abord à remercier son responsable d'alors, monsieur Gilles St-Pierre, pour la confiance manifestée.

L'appui de la Direction des Services pédagogiques du Cégep de Rimouski et plus spécialement du Service de recherche et de perfectionnement nous a été essentiel. Un merci particulier s'adresse au regretté monsieur Jean-Claude Marquis et à son successeur monsieur Daniel Roy, conseiller pédagogique et à mesdames Ginette D'Amours, Johanne Pineault, Chantal Jean et Sylvie Nadeau, secrétaires.

Nous tenons aussi à remercier le département de chimie et ses professeurs pour leur appui à ce projet. Nous remercions particulièrement messieurs Roger Belzile, Patrick Cyr et Clément Pelletier pour leur collaboration à l'expérimentation, monsieur André Ouellet qui nous a aidé à la validation d'instruments de mesure et finalement madame Louise Letendre et monsieur Jacques D'Amours pour leur analyse et leurs commentaires sur la méthode lors de son utilisation dans leurs groupes.

Nos remerciements vont enfin à, monsieur Jacques Chouinard, conseiller en orientation au Cégep de Rimouski, qui a administré et interprété le test d'habileté scolaire Otis-Lennon.

On peut se procurer des exemplaires supplémentaires de ce rapport de recherche en s'adressant à:

Cégep de Rimouski
Service de recherche et perfectionnement
60, rue de l'Évêché Ouest
Rimouski (Québec)
G5L 4H6

Inclure un chèque à l'ordre du Cégep de Rimouski au montant de 20 $ pour chaque exemplaire.

TABLE DES MATIÈRES

PAGES

INTRODUCTION 1

1- CONTEXTE THÉORIQUE 3

1.1 La définition du problème 5

1.2 L'état de la question 8

1.3 L'approche pédagogique de Chimie raisonnée 13

2- CHIMIE RAISONNÉE 19

2.1 L'historique 21

2.2 La description de Chimie raisonnée 23

3- MÉTHODOLOGIE 31

3.1 La source des données 33

3.2 La collecte des données 34

3.3 Le déroulement de la collecte des données 39

3.4 Le traitement des données 40

4- RÉSULTATS 43

4.1 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire et à l'examen de synthèse 46

4.2 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire, en connaissances préalables en chimie et à l'examen de synthèse 53

4.3 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire, aux questions intermédiaires et à l'examen de synthèse 59

PAGES

5- DISCUSSION 71

CONCLUSION 87

ANNEXES

A Statistiques des étudiantes et des étudiants inscrits en chimie générale (202-101) au Cégep de Rimouski..... 95

B Habiletés attendues des étudiantes et des étudiants en chimie générale qui ne peuvent être comprises par ceux qui ne possèdent pas la pensée abstraite, d'après Herron, Université Purdue 97

C Examen de synthèse 101

D Questions intermédiaires 105

E Test de connaissances en chimie de fin de secondaire 109

F Comparaison 1: Résultats de l'application du test de Fisher 113

G Comparaison 2: Résultats de l'application du test de Fisher 121

H Comparaison 3: Résultats de l'application du test de Fisher 125

I Comparaison des résultats en chimie et en mathématiques des étudiantes et des étudiants ayant suivi le cours de chimie 101 à la session 873 133

PAGES

Tableau I : Suivi des étudiantes et des étudiants ayant réussi aux différents cours de chimie 133

Tableau II : Comparaison du taux de réussite entre les cours de chimie 133

Tableau III : Suivi des étudiantes et des étudiants ayant réussi aux différents cours de chimie et de mathématiques 134

Tableau IV : Comparaison du taux de réussite aux cours de mathématiques 134

BIBLIOGRAPHIE 135

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX		PAGES
3.1	Nombre de sujets dans les groupes expérimentaux et témoins au 20 septembre 1987	34
3.2	Les plans d'expérience originel et employé	37
3.3	Les trois types de comparaisons effectuées	41
4.10	Les principales caractéristiques statistiques des 6 groupes (3 groupes expérimentaux et 3 groupes témoins) par rapport au test d'habileté scolaire Otis-Lennon et à l'examen de synthèse	47
4.11	Analyse de la variance pour tous les groupes	48
4.20	Les principales caractéristiques statistiques des 4 groupes (2 groupes expérimentaux et 2 groupes témoins) qui ont passé le test de connaissances en chimie de fin de secondaire	54
4.21	Analyse de la variance pour tous les groupes qui ont passé le test de connaissances en chimie de fin de secondaire	55
4.30	Les principales caractéristiques statistiques des 4 groupes (2 groupes expérimentaux et 2 groupes témoins) qui ont répondu aux questions intermédiaires	60
4.31	Analyse de la variance pour tous les groupes qui ont répondu aux questions intermédiaires	61
5.1	Synthèse des résultats reliés à la performance des groupes expérimentaux (1E, 3E, 5E) et témoins (2T, 4T, 6T)	75
5.2	Synthèse des résultats reliés au degré d'homogénéité chez les groupes expérimentaux (1E, 3E, 5E) et témoins (2T, 4T, 6T)	77

TABLEAUX PAGES

5.3 Synthèse des résultats reliés à la performance des groupes expérimentaux (1E, 5E) et témoins (2T, 6T) 79

5.4 Synthèse des résultats reliés au degré d'homogénéité chez les groupes expérimentaux (1E, 5E) et témoins (2T, 6T) 81

5.5 Synthèse des résultats reliés à la performance des groupes expérimentaux (1E, 3E) et témoins (2T, 4T) 83

5.6 Synthèse des résultats reliés au degré d'homogénéité chez les groupes expérimentaux (1E, 3E) et témoins (2T, 4T) 86

4.12 à 4.18 Comparaison 1: Résultats de l'application du test de Fisher 113

4.22 à 4.29 Comparaison 2: Résultats de l'application du test de Fisher 121

4.32 à 4.46 Comparaison 3: Résultats de l'application du test de Fisher 125

INTRODUCTION

Pour essayer de remédier à une situation d'insatisfaction relative à l'enseignement du cours de chimie générale 202-101-82, nous avons élaboré une méthode d'enseignement semi-individualisée appelée **Chimie raisonnée**.

Cette méthode, basée sur l'observation et l'expérimentation, préconise une démarche qui va du concret vers l'abstrait. Cette démarche privilégie l'apprentissage par le raisonnement et insiste de façon particulière sur la compréhension de textes et la rédaction de réponses bien articulées dans un français correct. **Chimie raisonnée** met l'accent sur la compréhension des notions fondamentales de chimie plutôt que sur l'acquisition des connaissances.

La recherche menée sur la validité de cette méthode avait pour but général de démontrer que les étudiantes et les étudiants qui y étaient soumis auraient d'aussi bons résultats que ceux de groupes témoins soumis à d'autres méthodes d'enseignement de la chimie.

Le rapport qui suit comprend cinq chapitres. Après la présentation du contexte théorique dans un premier chapitre, l'historique et la description de la méthode de **Chimie raisonnée** font l'objet du deuxième chapitre. Les trois autres chapitres portent respectivement sur la méthodologie, les résultats et la discussion de ceux-ci. La conclusion fait une synthèse de la recherche et donne l'essentiel des résultats obtenus.

Chapitre 1

Contexte théorique

CHAPITRE 1

CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 La définition du problème

Depuis quelques années, on entend de plus en plus parler de difficultés rencontrées dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences aux divers ordres d'enseignement au Québec. L'étude de la chimie, au collégial, ne fait pas exception, bien au contraire, et des études menées au cours des dix dernières années démontrent une préoccupation des enseignantes et des enseignants face à cette difficulté des étudiantes et des étudiants.

Aprés avoir observé une relation entre la maîtrise des opérations formelles et le rendement scolaire au collégial, Desautels (1978) et Tellier (1979) s'interrogent sur le développement des étudiantes et des étudiants et leur maîtrise des opérations formelles.

Torkia-Lagacé revient sur le sujet au début de 1981 et arrive à la conclusion que la majorité des étudiantes et des étudiants entrant en sciences au collégial, n'ont pas acquis cette maîtrise des opérations formelles même dans les programmes en sciences pures et en sciences de la santé. Elle constate notamment que:

> "C'est dans la catégorie d'étude des sciences pures que l'on retrouve le plus grand pourcentage (41,9%) d'étudiants qui maîtrisent les raisonnements du stade formel. Les étudiants de la catégorie des sciences de la santé suivent avec un pourcentage de 29,3%. A elles seules, ces catégories constituent 24% de notre population étudiante. Les pourcentages de maîtrise des raisonnements caractéristiques du stade formel II de la partie "Énigmes" de notre test chutent ensuite graduellement de 17,3% à 1,9% selon les autres catégories d'étude envisagées. Ces dernières constituent donc 76% de notre population étudiante, et on peut dire qu'en moyenne seuls

> 12% de ces 76% maîtrisent parfaitement le stade formel. Ce pourcentage nous semble très faible compte tenu de l'âge des étudiants qui ont passé le test, de leur niveau de scolarisation, et aussi des résultats rapportés par d'autres chercheurs."[1]

Et ces résultats amènent l'auteure à s'interroger sur l'importance donnée dans bien des cours à la mémorisation plutôt qu'à la compréhension des concepts.

> "Par ailleurs, il est incontestable que le degré de réussite scolaire à la majorité des cours que nous avons considérés est lié à la capacité de raisonnement des étudiants. Dans plusieurs cas, la maîtrise du stade formel II de la pensée hypothético-déductive dans son ensemble facilite la réussite à ces cours. Cependant, même des étudiants qui ont éprouvé de sérieuses difficultés à décoder et à organiser l'information contenue dans un énoncé verbal (ceux qui se sont classés au stade concret I de la partie "Énigmes") peuvent réussir dans presque la moitié des cours que nous avons analysés. Ce résultat remet en question nos modes d'évaluation courants et nos critères de réussite qui semblent laisser une large part (au moins la moitié, puisque la note de passage aux cours de niveau secondaire est 50%) à la mémoire et à l'application d'algorithmes (de "recettes"), plutôt qu'à la compréhension et au raisonnement."[2]

Dans le domaine plus spécifique de la chimie, Rouleau, en mai 1985, tire des conclusions qui vont dans le même sens pour expliquer le taux anormalement élevé d'abandons et d'échecs pour le premier cours de chimie au collégial, soit la chimie 101. De plus, avec Torkia-Lagacé et Desautels, elle constate que:

> "Généralement les étudiants qui ont des problèmes d'apprentissage au secondaire en auraient en chimie 101 comme dans l'ensemble de leurs cours au Cégep."[3]

---

1 Mirette Torkia-Lagacé (1981), p. 160.
2 Mirette Torkia-Lagacé (1981), p. 161.
3 Dominique Rouleau (1985), p. 134.

Puis elle ajoute:

> "Nous ne pouvons pas conclure que les étudiants qui échouent ou abandonnent chimie 101 n'ont pas atteint le stade de pensée formelle II (13) puisque nous ne l'avons pas mesuré. Il est cependant vraisemblable que les étudiants qui ont de bons résultats au secondaire ont plus de chances d'avoir atteint ce stade et également plus de chances de réussir en chimie et en sciences (au secteur général et au professionnel)."[4]

Au Cégep de Rimouski, pour les huit dernières années, près de 25% des étudiantes et des étudiants inscrits en chimie 101 échouent ou abandonnent comparativement à 28% pour la région 03[5]. On trouvera le détail de ces statistiques à l'annexe A.

Il y a donc un malaise certain au niveau de l'enseignement de la chimie en collège I et le comité pédagogique provincial a cru corriger la situation en présentant un nouveau contenu de cours en 1981. Ce contenu est encore contesté dans les collèges et fait souvent l'objet de désaccord entre les professeurs d'un même collège, comme c'est le cas au Cégep de Rimouski. L'insatisfaction face à la proposition du comité pédagogique provincial se double d'une insatisfaction chronique face aux volumes utilisés. Le choix des volumes au Cégep de Rimouski en est une illustration. Par exemple, de 1981 à 1987, il s'est utilisé, en plus d'un cahier de notes, sept manuels différents, dont plusieurs à la même session. Ainsi à l'automne 1987, pour 10 groupes d'étudiantes et d'étudiants en chimie 101, on a utilisé deux manuels différents et un cahier de notes.

---

4 Dominique Rouleau (1985), p. 134.

5 Dominique Rouleau (1985), p. 133.

Ces changements fréquents manifestent un malaise profond: les professeures et les professeurs sont insatisfaits des contenus présentés tant dans le programme que dans les manuels. De plus, les démarches pédagogiques utilisées ne semblent pas appropriées au niveau de développement intellectuel des étudiantes et des étudiants. C'est un peu les conclusions de Blouin[6] dans son étude sur les difficultés des étudiantes et des étudiants vis-à-vis des sciences. L'auteur ajoute toutefois un volet où il fait intervenir des facteurs personnels dans la réussite en sciences.

Il semble à la lumière des recherches citées que l'enseignement des sciences aurait avantage à adopter une approche pédagogique considérant deux volets importants:

- Il doit être pensé en tenant compte du niveau de développement intellectuel des étudiantes et des étudiants et idéalement de son développement;

- Il doit prendre en considération le rôle joué par les facteurs socio-affectifs dans l'apprentissage des sciences.

1.2 L'état de la question

L'approche pédagogique servant de toile de fond à notre recherche d'une méthode plus efficace d'enseignement de la chimie prend son origine dans la théorie de Diénès relative à l'apprentissage des mathématiques (1966). Selon lui, les élèves et même les adultes comprennent plus facilement cette science si on leur propose une démarche qui reprend les étapes du cheminement qu'ils ont franchies lors de leur développement global. Ce cheminement correspond aux stades de la théorie de Piaget,

---

6 Yves Blouin (1987).

théorie selon laquelle il est fondamental de se référer à des expériences tangibles pour susciter le passage d'une étape à l'autre du développement intellectuel.

À l'Université Purdue, en Indiana, Herron présente dans la revue Journal of Chemical Education (1975) un tableau comparatif de concepts chimiques à la portée et hors de portée de l'étudiante et de l'étudiant qui n'a pas atteint le stade formel. L'annexe B présente ce tableau.

Reprenant les étapes d'apprentissage suggérées par Diénés pour l'apprentissage des probabilités et de la statistique, Briand, Beaudoin, Gagnon et Roy (B.B.G.R., 1981) constatent une meilleure atteinte des objectifs de ce cours. S'il n'y a pratiquement pas de variations dans le taux d'abandon de ce cours, les échecs sont réduits au point d'être un phénomène presque inexistant. Les étudiantes et les étudiants qui persistent réussissent. Quant aux abandons, les raisons qui les expliquent ne sont pas nécessairement liées au cours lui-même, mais elles peuvent relever de facteurs affectifs qui échappent au professeur et à la professeure en classe.

Désilets et Roy (1983) constatent que l'application d'une démarche semblable favorise l'atteinte des objectifs d'un cours de philosophie portant sur la logique. Ceux qui réussissent le cours maîtrisent mieux les aspects fondamentaux d'une pensée systématique.

S'ils sont peu nombreux encore les travaux démontrant qu'une application adéquate de la théorie piagétienne conduit à une meilleure atteinte d'objectifs spécifiques à une discipline, plusieurs recherches permettent de constater qu'une telle approche favorise une meilleure maîtrise de la pensée formelle. Par voie de conséquence, l'acquisition d'une telle habileté par les étudiantes et les étudiants ne peut que favoriser une meilleure réussite, comme l'a suggéré Desautels (1978).

Tomlinson-Keasy et Eisert (1978) ont développé, à l'Université du Nebraska, une nouvelle méthode appelée "ADAPT Program" (Accent on Developping Abstract Processes of Thought) qui tient compte des expériences concrètes des étudiantes et des étudiants avant de les amener à des formulations plus abstraites. Pour ces auteurs, il est primordial de développer un processus de pensée qui intègre les expériences quotidiennes des étudiantes et des étudiants comme transition à l'acquisition de concepts plus abstraits. Les résultats obtenus par leurs groupes expérimentaux sont encourageants.

Dans une étude menée pour le ministère de l'Éducation, Labonté (1982) rapporte une expérience (Stress on Analytical Reasonning) menée à l'Université Xavier-de-Louisianne destinée à des étudiantes et des étudiants n'ayant pas atteint le stade formel. L'analyse des résultats indique que les différences observées chez eux entre le début et la fin du cours sont significatives. Elle fait référence également à un autre cours, intitulé "DORIS" (Development of Reasonning in Science), visant à développer les capacités de raisonnement. Ce cours a permis d'obtenir des résultats significatifs. À noter que l'expérience s'étendait sur un seul semestre. Elle cite aussi les travaux de Lamb (1981) et Lawson (1981) qui portaient sur l'acquisition du raisonnement formel à l'école secondaire et au collège. Enfin, s'inspirant de Levine et Linn (1977)[7], elle écrit que

> "l'expérience concrète peut faciliter l'apprentissage chez la plupart des élèves, que les programmes incitant les étudiants à manipuler divers matériels sont d'un grand profit... qu'il convient (...) de recourir à des expériences provoquant des conflits sur le plan cognitif".

---

7 Thérèse Labonté (1982), p. 87.

Deux équipes de travail du Cégep de Rimouski (1986) ont démontré l'efficacité de méthodes analogues, soit le groupe B.B.G.R. en probabilités et statistique et le groupe LOGOS en philosophie. L'expérimentation consistait à évaluer, à la même session, le rendement des étudiantes et des étudiants qui étaient soumis à l'une ou l'autre des deux méthodes ou aux deux méthodes. L'analyse des résultats obtenus a montré un effet très manifeste de l'utilisation conjointe des deux méthodes LOGOS et B.B.G.R. sur la progression de la pensée abstraite, et un effet significatif de l'une ou l'autre lorsqu'elles sont appliquées isolément. Le fait que l'emploi de deux méthodes semble plus efficace que l'emploi d'une seule ne signifierait-il pas que les étudiantes et les étudiants auraient intérêt à être soumis à ce genre de méthodes dans plusieurs disciplines à la fois dès leur entrée au collégial?

Quelques interrogations tirées du rapport de recherche de Torkia-Lagacé résument l'état de la question:

> "Les résultats que nous venons de résumer nous amènent à nous poser un certain nombre de questions: est-il "normal" de retrouver au Québec, au niveau collégial, un aussi faible pourcentage d'étudiants qui maîtrisent la pensée formelle; de plus, quelles conséquences cet état de fait peut-il avoir sur eux et sur la société en général? De fait, les recherches effectuées auprès d'étudiants de niveau collégial dans d'autres pays, quoique menées avec d'autres tâches que celles dont nous nous sommes servies, ont souvent débouché sur des résultats plus optimistes que les nôtres (on peut estimer cet écart à plus de 30%). On peut alors s'interroger sur les causes d'une telle situation; quant à nous, nous abondons dans le sens de Piaget lorsqu'il indique que la qualité des interactions avec le milieu environnant est une condition essentielle du développement intellectuel. Or, de 6 à 18 ans, l'école constitue l'environnement le plus présent à l'enfant, ne serait-ce que du point de vue du temps qu'il y passe. On peut par conséquent mettre très sérieusement en doute la qualité des apprentissages que l'enfant y vit."[8]

---

8 Mirette Torkia-Lagacé (1981), p. 162.

Les conclusions de Blouin[9] complètent bien le tableau.

> "S'il fallait résumer, en quelques lignes, l'essentiel de ce qui vient d'être dit, nous proposerions ceci. Les difficultés reliées à l'apprentissage des sciences, si souvent déplorées, ne sont pas une affaire purement intellectuelle. Il faut chercher ailleurs l'explication de tous ces échecs et désistements. En tout premier lieu, dans la peur de ne pas être capable d'y réussir. Cette peur, avec les réactions d'anxiété et l'apathie auxquelles elle conduit, et leurs effets accumulés au fil des ans, contribue probablement plus que tout autre facteur au fait que tant d'individus se détournent prématurément des sciences. En deuxième lieu, il faut garder à l'esprit que la réussite dans ces domaines demande une assiduité des efforts que beaucoup d'étudiants n'ont pas été habitués à fournir.
>
> S'il fallait maintenant, tout aussi succinctement, proposer un changement, ce serait celui-ci: que l'on n'accepte plus comme une chose normale, évidente, ou allant de soi, ces aveux d'impuissance que tant de personnes sont amenées à faire en rapport avec leur habileté à faire des mathématiques et des sciences. Qu'on les écoute avec empathie, bien sûr, mais d'une manière qui aide celui qui les exprime à identifier et éventuellement modifier ce qui pourrait rendre compte de ses insuccès, plutôt que de les accepter tacitement, et ainsi le confirmer dans sa conviction dommageable. Et idéalement, cette conduite devrait se retrouver chez tous les éducateurs: enseignants de toutes les disciplines, et de tous les niveaux, conseillers et parents"

C'est dans ce contexte que nous avons élaboré une méthode d'enseignement de la chimie, plus spécifiquement pour le cours de chimie générale 202-101, appelée **Chimie raisonnée**[10]. Cette méthode vise à rendre l'apprentissage de la chimie plus attrayant tout en favorisant une formation fondamentale plus complète. L'approche pédagogique de **Chimie raisonnée** se caractérise principalement par un apprentissage axé sur le raisonnement et le vécu de l'étudiante et de l'étudiant.

---

9 Yves Blouin (1987), p. 130.

10 Réal Cantin et Laurent Chénard (1989).

1.3 L'approche pédagogique de Chimie raisonnée

Chimie raisonnée se situe dans la lignée des méthodes B.B.G.R. et LOGOS avec une démarche qui s'efforce de respecter les étapes du développement intellectuel des étudiantes et des étudiants. Ces étapes correspondent à la théorie des stades piagétiens selon laquelle l'expérience tangible est fondamentale. De Piaget, **Chimie raisonnée** a retenu les principes suivants:

1. l'intelligence se développe de façon hiérarchique en passant par diverses étapes appelées stades opératoires de la pensée;

2. toute évolution, toute structure cognitive nouvelle n'est possible qu'à partir d'une structure antérieurement constituée;

3. le passage d'une étape à l'autre ne se fait qu'en cas d'extrême nécessité, après une série d'échecs répétés à une étape donnée; et l'état de déséquilibre alors atteint incite à une modification de comportement, à passer à l'étape suivante;

4. la connaissance découle d'une action sur l'environnement et non de la contemplation de cet environnement;

5. c'est l'action du sujet et la réaction des objets à connaître qui imposent une adaptation du sujet.

Tout en enseignant des notions fondamentales, **Chimie raisonnée** désire donc faire acquérir à l'étudiante et à l'étudiant la démarche expérimentale qui repose sur le raisonnement hypothético-déductif. L'acquisition d'une habileté au raisonnement constituera une contribution importante à l'élaboration d'une pensée abstraite systématique chez les étudiantes et les étudiants.

Les caractéristiques de **Chimie raisonnée**

La chimie est la science qui étudie la matière, les corps simples et leurs comportements. Essentiellement, c'est une science expérimentale basée sur l'observation de la matière, au naturel ou soumise à diverses contraintes. La chimie d'aujourd'hui est le résultat de l'ensemble des observations faites depuis la nuit des temps. Nous pensons qu'il est pressant de revenir à cette approche, de revaloriser la démarche expérimentale, dite scientifique.

Chimie raisonnée donne plus de place au principe fondamental à la base de l'étude de la matière: c'est-à-dire l'utilisation constante de l'observation pour redécouvrir des théories scientifiques. Toute la démarche va du particulier au général, des faits propres à une situation vers une application plus étendue, plus générale. Un appel constant est fait aux connaissances personnelles que devrait posséder tout étudiante ou étudiant âgé d'une quinzaine d'années ou plus. **Chimie raisonnée** prend pour acquis qu'une étudiante ou un étudiant inscrit au cours 202-101, chimie générale, a déjà regardé la télévision, lu une ou deux fois un journal, préparé ou vu préparer de la soupe, qu'il sait que le fer et l'aluminiun sont des métaux, qu'ils sont gris et conduisent le courant électrique, que l'air est composé surtout de diazote et de dioxygène et que le dioxygène est nécessaire à toute combustion. Cet étudiant ou étudiante doit savoir encore bien d'autres choses et devra s'en rappeler en temps opportun.

Après la mise en veilleuse de l'aspect encyclopédique si souvent exploité dans l'enseignement des sciences et de l'apprentissage des théories pour elles-mêmes, l'approche pédagogique de **Chimie raisonnée** se caractérise par:

1. Une démarche qui, en autant que possible, tente d'expliquer le réel à partir d'observations, de manipulations tangibles. L'étudiante et l'étudiant procèdent du concret à l'abstrait, de manifestations observées dans la vie quotidienne à des hypothèses scientifiques confirmées.

2. Un modèle pédagogique basé sur la méthode expérimentale et les étapes qu'elle comporte:

   a) collecte des données par expérimentation ou lectures (observation);
   b) regroupement des données (classification);
   c) généralisation à partir des propriétés communes (induction);
   d) représentation des propriétés communes en fonction d'un code (loi);
   e) tentative d'explication (hypothèse);
   f) vérification de l'application des hypothèses qui conduit à la théorie.

Les objectifs

1. Apporter un élément de solution aux frustrations des enseignants

Par son approche, **Chimie raisonnée** tente de solutionner les frustrations que ressentent nombre d'enseignantes et d'enseignants de chimie au collégial. Les étudiantes et les étudiants, en dépit des efforts des enseignantes et des enseignants et des changements répétés de volumes, éprouvent toujours d'importantes difficultés dans les cours de chimie, en particulier dans celui de chimie générale 202-101.

2. Actualiser l'enseignement de la chimie

Chimie raisonnée veut décloisonner l'enseignement de la chimie, l'actualiser et l'amener au niveau des préoccupations des étudiantes et des étudiants. La chimie fait partie du quotidien, il faut en faire prendre conscience aux étudiantes et aux étudiants.

Quatre éléments, d'apparence secondaire au départ, sont à la base de ce changement d'orientation de l'enseignement de la chimie générale:

1) La chimie est en évolution.

2) Il y a de nombreuses applications quotidiennes.

3) L'étudiante et l'étudiant possèdent un vécu, une expérience personnelle qu'il faut exploiter.

4) L'étudiante ou l'étudiant doit régulièrement lire et comprendre un texte, il doit aussi pouvoir exprimer sa pensée de façon cohérente en utilisant un français à la fois structuré et bien orthographié.

Dans l'enseignement de la chimie générale, on semble avoir oublié qu'il s'est fait de grandes découvertes depuis 1935. La théorie quantique, toute mathématique, a beaucoup évolué. Pourtant c'est sa version de 1935 qui est présentée comme vérité moderne de l'explication du comportement de la matière. Les grands débats des dernières décennies et le monde mystérieux, plein d'inconnus, des sous-particules sont à peu près oubliés.

Finalement, il est important, même en chimie, d'obliger l'étudiante et l'étudiant à lire et à écrire. L'objectif ultime est de contribuer au développement intégral de l'étudiante et de l'étudiant, non de spécialiser un secteur en prétendant qu'il revient à d'autres de s'occuper des autres facettes.

Chapitre 2

Chimie raisonnée

CHAPITRE 2
CHIMIE RAISONNÉE

Dans le chapitre précédent, on a défini le problème de l'enseignement de la chimie au cégep. On a aussi présenté l'état de la question à partir des recherches effectuées sur le sujet. On a enfin présenté les fondements de Chimie raisonnée, c'est-à-dire l'approche pédagogique que cette méthode véhicule, les caractéristiques de cette approche et les objectifs vers lesquels elle tend.

Dans ce chapitre, après un bref historique de la méthode de Chimie raisonnée, on la décrira dans son contenu même. Il sera question notamment des six ateliers qui la composent, de la structure d'un atelier et de la structure d'une situation d'apprentissage. L'objectif de la recherche est ensuite énoncé.

2.1 L'historique

Les professeures et les professeurs de chimie au Cégep de Rimouski sont, depuis longtemps, relativement insatisfaits face au cours de chimie générale 202-101, tant du point de vue du contenu que des manuels mis à la disposition des étudiantes et des étudiants. Le guide pédagogique publié par le MEQ en novembre 1979 n'a pas fait exception malgré son sous-titre: "pour une approche à partir du concret".

À l'hiver 1981, un premier groupe de travail a défini, à partir de ce guide, des objectifs d'apprentissage axés sur l'étudiante et l'étudiant en espérant améliorer le climat pédagogique. Dès l'année suivante, malgré cet ajout, on constate que le malaise provenait surtout de l'absence de manuels adéquats. Une seconde équipe de travail est alors formée et durant trois sessions, de janvier 1983 à mai 1984, trois professeurs essaient alors de faire consensus sur un contenu et sur une séquence de présentation des notions de chimie 101 qui rallierait l'ensemble des membres du département de chimie. Le rapport présenté par cette équipe, en mai 1984, est fort décevant: la séquence obtenue ressemble à celle des manuels de chimie disponibles; il fallait donc chercher ailleurs.

Sur recommandation de Monsieur Jean-Claude Marquis, conseiller pédagogique au Cégep, des membres du département de chimie prennent connaissance des rapports de recherche de Tellier[11] et de Labonté[12] et font plus ample connaissance avec les écrits de Piaget, en particulier, La psychologie de l'intelligence[13].

L'équipe de Chimie raisonnée se forme à l'automne 1984 et présente au printemps suivant un cadre pédagogique et une structure du contenu de chimie 101 qui couvre l'ensemble du programme défini par le MEQ, mais selon une démarche toute axée sur l'étudiante ou l'étudiant, son vécu et son développement intellectuel, le tout dans la suite des méthodes B.B.G.R.[14] et LOGOS[15]. La rédaction d'un cahier de notes se fait au cours des années 1985 et 1986, il y a préexpérimentation à l'hiver 1987 et expérimentation véritable à l'automne 1987.

---

11 Jean Tellier (1979)
12 Thérèse Labonté (1982)
13 Jean Piaget (1981)
14 Joseph-Marie Briand et al. (1982)
15 Jean Désilets et Daniel Roy (1984)

2.2 La description de Chimie raisonnée

Chimie raisonnée est constituée de six ateliers subdivisés chacun en situations d'apprentissage. Ces appellations ont été choisies pour traduire l'idée d'ateliers de travail et de situations propices à l'apprentissage.

Chimie raisonnée préconise une méthode essentiellement basée sur l'observation, directe ou indirecte, et chacune des parties est interreliée aux autres. L'organigramme (figure 1) en illustre les liens. L'observation est au sommet de l'arrangement et contrôle toute la démarche. Les ateliers sont reliés les uns aux autres selon la séquence chronologique proposée. Il est à noter la position particulière de l'atelier 4: cet atelier est crucial dans l'élaboration d'un modèle atomique avancé, il met en évidence les observations qui amènent au modèle probabiliste de l'atome.

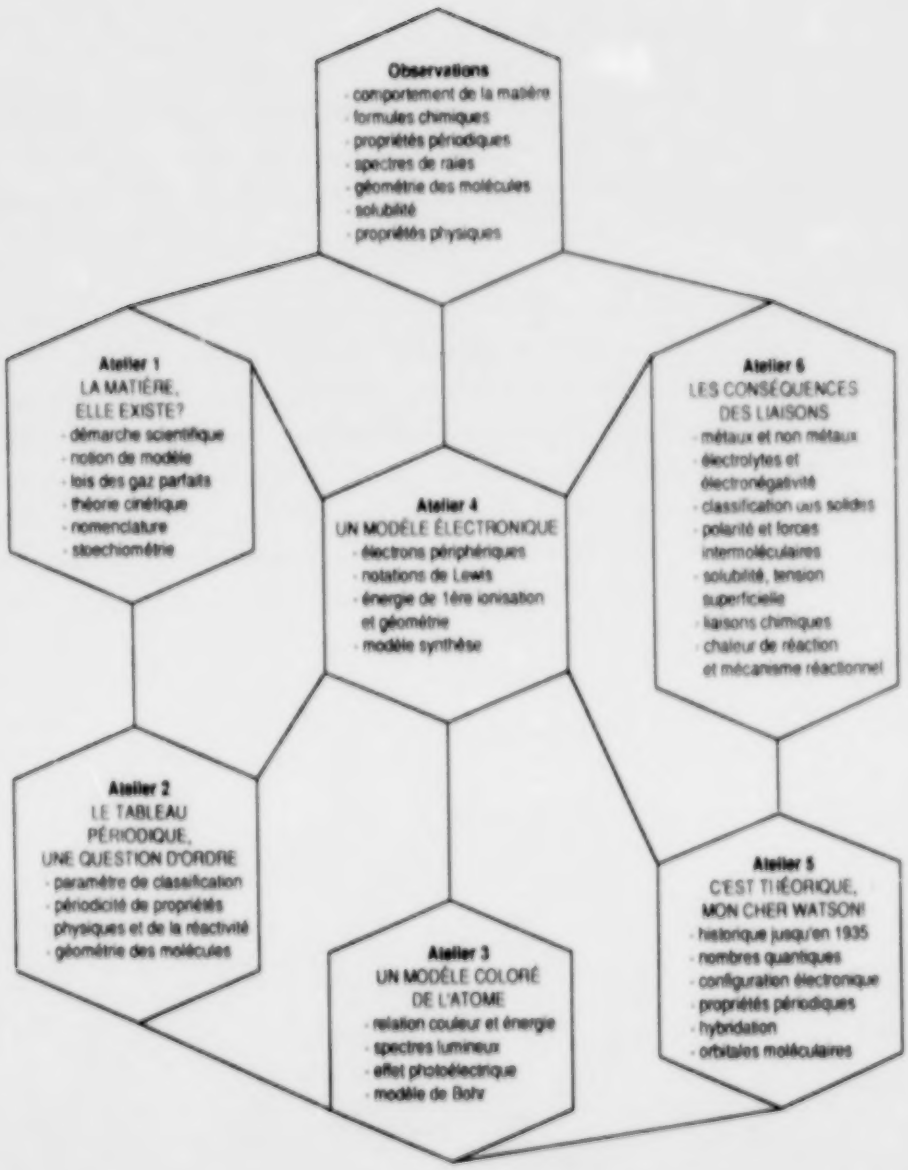


FIGURE 1 L'ORGANIGRAMME DE L'ENCHAÎNEMENT DES NOTIONS DANS CHIMIE RAISONNÉE

Chaque atelier est construit selon le même canevas présenté et commenté ci-dessous.

STRUCTURE D'UN ATELIER

		COMMENTAIRES
ATELIER	**INTRODUCTION** Lien entre les ateliers et enchaînement des notions.	Partie importante pour que l'étudiante et l'étudiant voient bien la séquence des ateliers.
	APERÇU DE L'ATELIER Tableau montrant en parallèle le titre des situations d'apprentissage, le cheminement et le contenu.	Ce tableau permet d'avoir une vue d'ensemble de l'atelier et de connaître la destination visée.
	SITUATIONS D APPRENTISSAGE Suite de situations formant le corps de l'atelier.	Ceci forme la partie principale de l'atelier et l'ensemble des situations forme un tout.
	BILAN DE L'ATELIER Objectifs d'apprentissage et tests d'autoévaluation.	Cette section permet à l'étudiante et à l'étudiant d'identifier les objectifs d'apprentissage et de s'assurer de leurs atteintes; évidemment d'autres exercices peuvent être ajoutés.
	BIBLIOGRAPHIE Ouvrages pertinents sur les sujets traités dans l'atelier.	Les livres cités sont ceux facilement accessibles à l'étudiante et à l'étudiant et disponibles dans la majorité des cégeps.

RÉPONSES ET COMMENTAIRES
Des questions numérotées.

COMMENTAIRES (suite)

Cette section comprend des réponses, des éléments de réponses, des commentaires jugés nécessaires. Intentionnellement les réponses ne sont pas toutes données pour obliger l'étudiante et l'étudiant à trouver une réponse plutôt que de la vérifier et pour lui permettre de prendre confiance en ses moyens. Le guide pédagogique contient toutes les réponses aux questions.

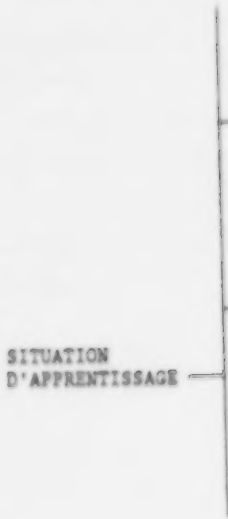
Les situations d'apprentissage qui forment le corps de la méthode ont aussi une structure commune présentée et commentée ci-dessous.

STRUCTURE D'UNE SITUATION D'APPRENTISSAGE

		COMMENTAIRES
SITUATION D'APPRENTISSAGE	**INTRODUCTION** Lien entre les situations.	Bien s'assurer que l'étudiante et l'étudiant voient le départ et la destination visée par la situation.
	HABILETÉS REQUISES Notions nécessaires à la compréhension de la situation.	Les notions ou les préalables font appel assez souvent au vécu de l'étudiante et de l'étudiant et [illegible] seulement à leurs notions théoriques acquises.
	VÉRIFICATION Tests d'autoévaluation sur les habiletés requises.	Faire prendre conscience à l'étudiante et à l'étudiant que s'ils n'ont pas les préalables, ils doivent faire les retours nécessaires.
	BUT DE LA SITUATION Explication de la destination visée.	Section importante pour être capable de répondre aux questions de prévisions.
	PRÉVISIONS Questions faisant appel au vécu, aux interactions, au raisonnement ou à la logique de l'étudiante et de l'étudiant.	Il faut insister sur cette étape qui constitue une vérification de la compréhension de la manipulation à venir et un excellent déséquilibre cognitif dans bien des cas.

SITUATION D'APPRENTISSAGE

	COMMENTAIRES (suite)
MANIPULATION Directives et questions reliées à la manipulation.	Cette partie se divise en collecte des données et traitement des données dans laquelle la manipulation fait appel à la débrouillardise de l'étudiante et de l'étudiant et à son sens de l'observation. Ainsi cette section ne comporte pas de protocole détaillé et laisse place au raisonnement et à la logique de l'étudiante et de l'étudiant.
OU	
CHEMINEMENT RAISONNÉ	Cette section remplace celle de la manipulation lorsque le cheminement est tout à fait théorique. Elle comprend un ensemble de questions permettant de faire un raisonnement sur les notions et les relations à découvrir.
OPINIONS À COMMENTER Phrases constituées d'affirmations vraies ou fausses qu'il faut commenter.	Cette section permet à l'étudiante et à l'étudiant de confronter les observations faites et les conclusions de la manipulation ou du cheminement raisonné avec les affirmations faites.
CONCLUSIONS PERSONNELLES Questions permettant de regrouper les résultats et les conclusions de la manipulation ou du cheminement raisonné.	Cette étape sert à l'étudiante et à l'étudiant à faire un résumé et surtout à analyser les conclusions de la manipulation.



	COMMENTAIRES (suite)
MISE AU POINT Notions théoriques reliées à la situation et exercices selon le cas.	Cette section précise les notions théoriques faisant l'objet de la situation. Elle pourrait être augmentée selon les vues de chaque professeur et professeure.
APPLICATIONS Exercices de compréhension et de transfert de connaissances pertinents à la situation.	C'est une partie importante qui permet à l'étudiante et à l'étudiant de vérifier son état de compréhension. A l'occasion surgissent des interrogations qui amènent la situation suivante.
TRAIT D'UNION Résumé sommaire de la situation et présentation de la suivante	Il est bon d'inciter l'étudiante et l'étudiant à bien lire ce texte car cela les aide à voir le cheminement.

Chimie raisonnée se veut une approche semi-individualisée du cours 202-101 axée sur l'étudiante et l'étudiant, leur vécu et leur niveau de développement intellectuel. **Chimie raisonnée** préconise une démarche pédagogique qui valorise les échanges entre étudiantes et étudiants et enseignantes et enseignants sur des sujets d'actualité et qui permet plus facilement un meilleur encadrement de l'étudiante et de l'étudiant. De plus, une attention permanente est portée au français, tant à la lecture qu'à l'écriture.

Dans les chapitres qui suivent, on présentera l'expérimentation de **Chimie raisonnée** telle que réalisée à l'automne 1987. Cette expérimentation visait à démontrer scientifiquement la validité de cette méthode. Plus spécifiquement, on a voulu vérifier l'hypothèse que **Chimie raisonnée** produit des résultats en chimie 202-101 équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de la chimie.

Le chapitre 3 décrit la méthodologie de cette recherche. Les résultats sont présentés dans le chapitre 4.

Chapitre 3

Méthodologie

CHAPITRE 3
MÉTHODOLOGIE

3.1 La source des données

Sur les dix groupes-classes de chimie 202-101, six ont participé à l'expérimentation qui eut lieu à la session d'automne 1987. Le choix de ces six groupes s'est effectué de la façon suivante. Au moment de la répartition des tâches entre les professeurs, les deux professeurs qui appliquaient la méthode de Chimie raisonnée choisirent au hasard trois des six groupes. Trois autres professeurs, qui n'appliquaient pas cette méthode, acceptèrent de participer à l'expérience: leurs groupes-classes (trois sur les six) allaient servir de groupes témoins.

Tous les sujets ont été répartis dans l'un ou l'autre des groupes selon la procédure habituelle du Cégep visant à obtenir le plus possible des groupes équilibrés au plan des forces et des faiblesses scolaires. Plus de 95% des sujets avaient terminé leur secondaire V en mai 1987. Les autres provenaient principalement des programmes professionnels du Cégep.

Si nous ne pouvons parler d'échantillonage au pur hasard, rien ne nous permettait de douter sérieusement d'une certaine équivalence de ces groupes. Mais, nous n'avions pas à ce moment des preuves de leur équivalence. C'est pourquoi celle-ci fut ultérieurement vérifiée au moyen d'un prétest portant sur deux aspects particuliers: l'habileté scolaire et les connaissances en chimie de fin de secondaire. Il en sera question plus tard.

Au départ, on s'attendait à des groupes de 32 étudiants ou étudiantes chacun. La réalité se montra différente en raison d'une baisse inattendue de la clientèle et de l'élévation de la note de passage à 60% au secondaire. Le tableau 3.1 donne la situation de chacun des groupes au 20 septembre 1987, soit trois semaines après le début de la session et de l'expérimentation.

TABLEAU 3.1

NOMBRE DE SUJETS DANS LES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS AU 20 SEPTEMBRE 1987

NUMÉRO DU GROUPE-CLASSE	NATURE DU GROUPE	
	Expérimental	Témoin
1	23	
2		
3	25	27
4		
5	25	24
6		
		15
TOTAL	73	66

3.2 La collecte des données

L'hypothèse de recherche

Il est important de rappeler ici l'hypothèse de recherche pour mieux saisir la pertinence de même que les avantages et les limites du plan d'expérience choisi. Cette hypothèse est celle-ci: la méthode de **Chimie raisonnée** produit des résultats en chimie 202-101 équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de la chimie. Telle que formulée, cette hypothèse est de même nature que l'hypothèse nulle qui, elle, s'énoncerait ainsi: si on compare les résultats obtenus en chimie 202-101, il n'y aura pas de différence significative entre la méthode de **Chimie raisonnée** et d'autres méthodes d'enseignement de la chimie.

Les variables

Dans le cadre de cette recherche, trois types de variables doivent être distingués.

- La variable indépendante

La variable indépendante est la méthode de Chimie raisonnée telle qu'appliquée en chimie 202-101 dans trois groupes expérimentaux par deux professeurs. Cette méthode a été décrite au chapitre précédent. Rappelons seulement que cette méthode privilégie l'apprentissage par le raisonnement plutôt que l'acquisition encyclopédique de connaissances et qu'elle insiste de façon particulière sur la compréhension de textes et sur la rédaction de réponses bien articulées dans un français correct. Cette méthode repose, au plan pédagogique, sur une intervention semi-individualisée.

- Les variables dépendantes

Il faut distinguer ici deux variables dépendantes, une dite finale et une autre dite intermédiaire. La variable dépendante dite finale est le rendement en chimie 202-101 tel que mesuré par un examen de synthèse uniforme. Cet examen, construit en collaboration avec tous les professeurs impliqués dans cette expérimentation, comprenait quatre grandes questions qui couvraient l'ensemble du contenu de chimie 202-101 (annexe C). Par variable dépendante intermédiaire, nous entendons une banque de questions relatives au contenu de chimie 202-101 réparties dans quatre examens dits intermédiaires administrés au cours de la session. Cette banque de questions fut mise au point suite à un consensus entre tous les professeurs concernés par l'expérimentation (annexe D).

Précisons ici que les instruments fabriqués dans le cadre de cette recherche, c'est-à-dire, les examens intermédiaires et l'examen de synthèse furent expérimentés et validés auprès de cinq groupes d'étudiants et avec la collaboration de trois professeurs du département de chimie. Ces instruments ont été jugés pertinents et congruents quant au contenu. Des calculs des corrélations de Pearson, bi-sériale et de point bi-sérial ont permis d'établir statistiquement l'homogénéité des instruments et leur capacité à différencier les plus forts des plus faibles en chimie.

- Les variables de contrôle

Les variables de contrôle suivantes ont été retenues et mesurées à l'occasion d'un prétest: l'habileté scolaire et les connaissances en chimie de fin de secondaire. L'habileté scolaire fut mesurée par le test d'habileté scolaire Otis-Lennon, niveau supérieur. La version française de Sarrazin, Mc Innis et Vaillancourt (1981) fut utilisée. Les connaissances en chimie de fin de secondaire furent mesurées par un examen construit par les professeurs Cantin et Chénard (annexe E).

Le plan d'expérience

Le plan d'expérience prévu initialement s'inspirait du plan à quatre groupes de Solomon. Il comprenait six groupes, dont trois expérimentaux et trois témoins, chacun de ces groupes devant être soumis à l'une ou l'autre des conditions définies dans la première partie du tableau 3.2. La deuxième partie de ce tableau donne le plan réellement employé lors de l'expérimentation effectuée à la session d'automne 1987.

TABLEAU 3.2

LE PLAN D'EXPÉRIENCE ORIGINEL OU PRÉVU

GROUPE NO	NATURE	PRÉTEST Habileté scolaire	PRÉTEST Connaissance chimie (SEC V)	EXAMENS INTERMÉDIAIRES 1	2	3	4	5	EXAMEN DE SYNTHÈSE
1	Expérimental	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Témoin	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Expérimental	X		X	X	X	X	X	X
4	Témoin	X		X	X	X	X	X	X
5	Expérimental	X	X						X
6	Témoin	X							X

LE PLAN D'EXPÉRIENCE EMPLOYÉ DANS LA RECHERCHE

GROUPE NO	NATURE	PRÉTEST Habileté scolaire	PRÉTEST Connaissance chimie (SEC V)	EXAMENS INTERMÉDIAIRES 1	2	3	4	5	6	7	EXAMEN DE SYNTHÈSE
1	Expérimental	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Témoin	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Expérimental	X		X	X	X	X	X	X	X	X
4	Témoin	X		X	X	X	X	X	X	X	X
5	Expérimental	X	X								X
6	Témoin	X	X								X

Le plan d'expérience prévu initialement permettait de contrôler raisonnablement l'effet de variables parasites sur les résultats de l'examen de synthèse. Plus explicitement, il permettait de contrôler l'influence:

- d'événements inattendus qui auraient pu survenir pendant le déroulement de l'expérience;
- de la maturation des sujets pendant la durée de l'expérience;
- de l'application répétée d'instruments de mesure;
- du manque de stabilité des instruments de mesure utilisés;
- des effets de la régression statistique;
- du mode de sélection des sujets;
- de la perte de sujets dans l'un ou l'autre des groupes expérimentaux et témoins.

Le plan d'expérience réellement employé permet de contrôler les mêmes variables parasites que celles identifiées ci-dessus. Tout comme le plan originel, il permet de mettre en évidence l'influence du professeur comme facteur pouvant expliquer des différences possibles de résultats entre les méthodes.

3.3 Le déroulement de la collecte des données

Les étudiantes et les étudiants des six groupes ont passé au premier cours le test d'habileté scolaire Otis-Lennon. L'administration de ce test avait pour but de vérifier l'équivalence des six groupes par rapport à leur habileté scolaire.

L'examen de connaissances en chimie de fin de secondaire a été passé au tout début de la session à quatre des six groupes suivants, soit les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T. Cet examen servait à établir l'équivalence de quatre des six groupes quant à leurs connaissances en chimie avant que ne débute l'expérience proprement dite.

Le test d'habileté scolaire Otis-Lennon a été administré par le conseiller d'orientation du Cégep. Chacun des professeurs concernés a fait passer l'examen de connaissances en chimie de fin de secondaire (pour les groupes 1E, 2T, 5E et 6T) de même que les examens intermédiaires et l'examen de synthèse. Ce dernier a été administré à la fin de la session entre les 15 et 17 décembre 1987.

Afin d'assurer entre tous les groupes une uniformité dans la correction de chacune des questions tant de l'examen de chimie de fin de secondaire, des examens intermédiaires que des questions de l'examen de synthèse, une correction systématique a été effectuée conjointement par les deux professeurs qui menaient la recherche. Il aurait été pertinent de faire appel à un troisième correcteur qui, lui, n'aurait été impliqué d'aucune façon dans le déroulement de cette recherche. Dans le feu de l'expérimentation cette précaution a été oubliée.

3.4 Le traitement des données

Le traitement des données a été effectué en fonction de l'hypothèse de recherche énoncée plus tôt à savoir qu'il n'y aura pas de différence significative entre la méthode de **Chimie raisonnée** et d'autres méthodes d'enseignement de la chimie quant aux résultats obtenus en chimie 202-101.

Le procédé statistique de l'analyse de la variance a été utilisé pour répondre aux questions plus spécifiques suivantes:

- Les trois groupes expérimentaux et les trois groupes témoins différent-ils significativement entre eux quant à l'habileté scolaire telle que mesurée par le test Otis-Lennon?
- Les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T différent-ils significativement entre eux quant aux connaissances en chimie de fin de secondaire considérées comme préalables aux cours de chimie 202-101?

Les réponses à ces deux questions permettent d'établir l'équivalence des groupes (des six groupes par rapport à l'habileté scolaire, de quatre des six groupes par rapport aux connaissances préalables en chimie).

Les deux autres questions touchent à la performance en chimie mesurée en cours d'expérimentation par les examens intermédiaires en chimie (7 questions identiques) et mesurée à la fin de l'expérimentation par l'examen de synthèse en chimie (4 questions). Ces questions étaient celles-ci:

- Les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T diffèrent-ils significativement entre eux quant à leur performance aux sept questions identiques des examens intermédiaires et au total de ces questions.
- Les trois groupes expérimentaux et les trois groupes témoins diffèrent-ils significativement entre eux quant à leur performance aux quatre questions et au total de l'examen de synthèse en chimie?

Le tableau 3.3 donne une synthèse des comparaisons effectuées par analyse de la variance.

TABLEAU 3.3

LES TROIS TYPES DE COMPARAISONS EFFECTUÉES

<table>
<tr><td colspan="2">comparaison</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">groupes</td><td>1 exp. 2 témoin
3 exp. 4 témoin
5 exp. 6 témoin</td><td>1 exp. 2 témoin
5 exp. 6 témoin</td><td>1 exp. 2 témoin
3 exp. 4 témoin</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">variables de contrôle
(équivalence des groupes)</td><td colspan="3">habileté scolaire
(test Otis-Lennon)</td></tr>
<tr><td>-----
-----</td><td>connaissances en chimie fin de secondaire</td><td>-----
-----</td></tr>
<tr><td rowspan="2">variables dépendantes</td><td>en cours d'expérimentation</td><td>-----
-----</td><td>-----
-----</td><td>questions intermédiaires
(1 - 7)</td></tr>
<tr><td>à la fin de l'expérimentation</td><td colspan="3">examen de synthèse
(8 - 11)</td></tr>
</table>

Chapitre 4

Résultats

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

Dans ce chapitre nous présentons les résultats de l'application de l'analyse de la variance et, s'il y a lieu, du test de Fisher pour chacune des trois comparaisons décrites à la fin du chapitre précédent. Pour chacune des trois comparaisons, les résultats seront présentés selon la séquence suivante: un premier tableau donne les principales caractéristiques statistiques des groupes comparés par rapport aux variables retenues et un second tableau donne les résultats de l'analyse de la variance, soit la source de variance, le degré de liberté, la somme des carrés, le rapport F et le niveau de probabilité. Précisons ici qu'un rapport F peut être reconnu comme significatif quand le niveau de probabilité est égal ou inférieur à 0,05. Le test de comparaison multiple de Fisher a été utilisé seulement quand le rapport F était significatif.

Pour faciliter la lecture de ce chapitre, précisons que les tableaux qui rendent compte des principales caractéristiques statistiques et les résultats de l'analyse de la variance sont intégrés dans le texte. Ceux qui rendent compte de l'application du test de Fisher ont été placés dans les annexes.

Précisons enfin que, dans la façon de décrire les résultats, nous ne faisons pas toujours explicitement référence aux données de l'analyse de la variance. Dans le but d'éviter une redondance certaine, nous allons plutôt directement aux groupes qui diffèrent significativement entre eux, au plan statistique bien entendu, et sans toujours spécifier si le niveau de probabilité est inférieur à 0,05. Par ailleurs, ces informations sont parfois données surtout quand certaines différences s'avèrent particulièrement importantes.

4.1 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire et à l'examen de synthèse.

Cette première comparaison a touché aux trois groupes expérimentaux et aux trois groupes témoins puisque tous les groupes ont été soumis au test d'habileté scolaire et aux questions de l'examen de synthèse. Les résultats obtenus au test d'habileté scolaire et à l examen de synthèse sont rapportés dans le tableau 4.10.

Le tableau 4.11 donne les résultats de l'application de l'analyse de la variance pour le test d'habileté scolaire, chacune des questions de l'examen de synthèse, le total de cet examen et le total de cet examen moins la question 9. Cette question a été retranchée en raison des doutes que des professeurs entretenaient au sujet de sa pertinence. Enfin les tableaux 4.12 à 4.18 présentent les résultats de l'application du test de Fisher, test où les six groupes sont comparés deux à deux. Pour alléger la lecture du rapport, ces derniers tableaux ont été reportés à la fin et sont regroupés dans l'annexe F.

Les résultats au test d'habileté scolaire

Par rapport à l'habileté scolaire, telle que mesurée par le test Otis-Lennon, l'analyse de la variance donne un rapport F de 3,04 et ce rapport est significatif à 99 %. Ensuite, à l'application du test de Fisher, les résultats du groupe expérimental 3E sont significativement plus bas que ceux obtenus par les deux autres groupes expérimentaux 1E et 5E et les trois groupes témoins 2T, 4T et 6T.

TABLEAU 4.10

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STATISTIQUES DES 6 GROUPES (3 GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET 3 GROUPES TÉMOINS) PAR RAPPORT AU TEST D'HABILETÉ OTIS-LENNON ET À L'EXAMEN DE SYNTHÈSE

		habileté scolaire	examen de synthèse					
			questions				total (8 à 11)	total (8,10,11)
			8	9	10	11		
score maximum / groupe		80	20	20	20	20	100	80
1 E	N	23	23	23	23	23	23	23
	$\bar{X}$	63,65	11,90	14,53	13,20	13,00	65,78	51,24
	s	6,89	7,01	4,20	4,54	4,34	18,38	15,61
2 T	N	26	26	26	26	26	26	26
	$\bar{X}$	56,80	14,09	8,53	10,14	10,51	54,09	45,56
	s	12,60	5,98	5,85	5,36	4,45	21,52	17,17
3 E	N	23	23	23	23	23	23	23
	$\bar{X}$	50,15	8,45	11,67	10,53	11,88	53,16	41,50
	s	21,91	5,56	5,56	5,76	4,87	21,12	17,16
4 T	N	20	20	20	20	20	20	20
	$\bar{X}$	60,58	16,12	13,92	13,64	13,50	71,48	57,56
	s	10,64	4,18	6,71	5,51	5,18	20,82	16,75
5 E	N	22	22	22	22	22	22	22
	$\bar{X}$	59,80	12,87	13,30	13,51	12,53	65,25	51,96
	s	10,42	5,96	6,01	4,76	4,74	22,47	17,32
6 T	N	13	13	13	13	13	13	13
	$\bar{X}$	58,87	7,75	5,45	10,66	10,43	42,86	37,42
	s	7,27	4,82	6,12	5,24	3,13	18,92	13,95

Note: N = population
$\bar{X}$ = moyenne
s = écart type

TABLEAU 4.11

ANALYSE DE LA VARIANCE POUR TOUS LES GROUPES

Habileté scolaire

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	2621.98	542.40	3.04	0.013
2. intra	132	22796.17	172.70		
3. total	137	25418.15			

Question 8

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	991.99	198.40	5.99	0.0001
2. intra	121	4009.95	33.14		
3. total	126	5001.94			

Question 9

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	1105.00	221.00	6.72	0.0001
2. intra	121	3982.24	32.91		
3. total	126	5087.24			

Question 10

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	300.03	60.00	2.21	0.056
2. intra	121	3285.11	27.15		
3. total	126	3585.14			

Question 11

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	163.80	32.76	1.57	0.17
2. intra	121	2528.62	20.90		
3. total	126	2692.42			

Total de l'examen de synthèse (8, 9, 10 et 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	9784.88	1956.98	4.56	0.0008
2. intra	121	51967.26	429.48		
3. total	126	61752.14			

Total de l'examen de synthèse (8, 10 et 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	5	4999.21	999.84	3.65	0.0042
2. intra	121	33176.37	274.18		
3. total	126	38175.58			

Une équivalence raisonnable semble donc exister au plan de l'habileté scolaire entre les groupes comparés, exception faite du groupe expérimental 3E qui s'est montré nettement plus faible.

L'application de l'analyse de la variance au total de l'examen de synthèse en chimie 202-101 donne des rapports F statistiquement significatifs à ps 0,05 avec ou sans la question 9. Appliquée à chacune des questions, l'analyse de la variance donne des rapports F statistiquement significatifs à ps 0,05 dans le cas de deux des quatre questions et à la limite du seuil de probabilité pour une des questions. Allons dans le détail avec les résultats obtenus au test de Fisher.

Les résultats à l'examen de synthèse en chimie 202-101

Question 8

À la question 8, il y a cinq différences significatives entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins. Trois de ces différences sont en faveur des groupes témoins et deux en faveur des groupes expérimentaux: le groupe expérimental 3E est significativement plus faible que les groupes témoins 2T et 4T, le groupe témoin 6T est significativement plus faible que les groupes expérimentaux 1E et 5E, le groupe témoin 4T est significativement plus fort que le groupe expérimental 1E.

Le groupe 3E a obtenu une moyenne de 8,45 comparativement à une moyenne de 14,09 pour le groupe 2T et de 16,12 pour le groupe 4T. Le groupe 6T a obtenu une moyenne de 7,75 par rapport à des moyennes de 11,90 pour le groupe 1E et de 12,87 pour le groupe 5E. La moyenne du groupe 4T est de 16,12 alors que celle du groupe 1E est de 11,90.

Il faut ajouter aussi que l'écart entre les moyennes des trois groupes expérimentaux est plus faible que celui entre les groupes témoins, soit 4,42 pour les groupes expérimentaux et 8,37 pour les groupes témoins. Cette constatation semble indiquer qu'il y a une plus grande homogénéité de la performance des étudiantes et des étudiants des groupes expérimentaux par rapport à celle des groupes témoins.

Question 9

À la question 9, il y a cinq différences significatives entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et ces cinq différences sont en faveur des groupes expérimentaux. Les groupes expérimentaux 1E et 5E sont significativement plus forts que les groupes témoins 2T et 6T, alors que le groupe expérimental 3E est significativement plus fort que le groupe témoin 6T. Les moyennes des groupes expérimentaux sont de 14,53 (1E), 11,67 (3E) et 13,30 (5E) comparativement à des moyennes de 8,53 (2T), 13,92 (4T) et 5,45 (6T). De plus on ne constate aucune différence significative entre les groupes expérimentaux alors que le groupe témoin 4T présente une performance significativement supérieure à celle des deux autres groupes témoins 2T et 6T. Cette constatation indique encore une fois qu'il y a une plus grande homogénéité entre les groupes expérimentaux qu'entre les groupes témoins.

Question 10

Par rapport à la question 10, deux différences sont significatives à la limite du seuil de probabilité généralement accepté de 0,05. Ces deux différences sont celles obtenues entre le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 2T d'une part, et, d'autre part, entre le groupe expérimental 5E et le groupe témoin 2T. Dans les deux cas, la différence obtenue est en faveur des groupes expérimentaux.

On observe que les moyennes des groupes expérimentaux (1E: 13,20, 3E: 10,53 et 5E: 13,51) et celles des groupes témoins (2T: 10,4, 4T: 13,64 et 6T: 10,66) sont du même ordre. Toutefois il faut noter que le groupe témoin 4T a une moyenne significativement supérieure à celle du groupe témoin 2T.

Question 11

À la question 11, le rapport F obtenu suite à l'analyse de la variance ne permet pas de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E, 3E et 5E et les groupes témoins 2T, 4T et 6T soient significatives.

La performance est plus homogène chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins, l'écart entre les moyennes des groupes expérimentaux est de 1,12, celui des groupes témoins est de 3,07. En effet, les moyennes des groupes expérimentaux sont de 13,00 (1E), 11,88 (3E) et 12,12 (5E) et de 10,51 (2T), 13,50 (4T) et 10,43 (6T) pour les groupes témoins et on observe une différence significative quand on compare les groupes témoins 2T et 4T.

Total de l'examen de synthèse

Au total de l'examen de synthèse, trois différences significatives sont enregistrées entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins. Deux de ces différences sont en faveur des groupes expérimentaux, soit les groupes expérimentaux 1E et 5E par rapport au groupe témoin 6T et une en faveur du groupe témoin 4T par rapport au groupe expérimental 3E.

Le groupe 1E a obtenu une moyenne de 65,78 comparativement à une moyenne de 53,16 pour le groupe 3E et de 65,25 pour le groupe 5E, le groupe 2T a obtenu une moyenne de 54,07 comparativement à une moyenne de 71,48 pour le groupe 4T et de 62,86 pour le groupe 6T.

Ici encore l'homogénéité des résultats est plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. L'écart entre les moyennes des groupes expérimentaux est de 12,52 comparativement à 28,62 pour les groupes témoins. Au test de Fisher, le groupe témoin 4T est significativement plus fort que les groupes témoins 2T et 6T. Parmi les groupes expérimentaux, seul le groupe 3E présente une moyenne significativement plus faible que celle du groupe 1E.

Total de l'examen de synthèse moins la question 9

Au total de l'examen de synthèse moins la question 9, trois différences significatives sont observées entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins. Deux de ces différences sont en faveur des groupes expérimentaux, soit les groupes expérimentaux 1E et 5E par rapport au groupe témoin 6T et une en faveur du groupe témoin 4T par rapport au groupe expérimental 3E.

Les moyennes obtenues pour les groupes expérimentaux sont respectivement de 51,54 (1E), 41,50 (3E) et 51,96 (5E), et celle des groupes témoins 45,56 (2T), 57,56 (4T) et 37,42 (6T) pour les groupes témoins.

Encore une fois l'homogénéité est plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. L'écart entre les moyennes des groupes expérimentaux est de 10,46 comparativement à un écart de 20,1[illegible] pour les groupes témoins.

Il est à noter qu'à la fois dans les groupes expérimentaux et les groupes témoins, un des groupes se démarque des deux autres: le groupe 3E est significativement plus faible que les deux autres 1E et 5E et le groupe 4T est significativement plus fort que les deux autres 2T et 6T. Or, on se rappellera que le groupe 3E s'était montré significativement plus faible que tous les autres au test d'habileté scolaire Otis-Lennon.

4.2 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire, en connaissances préalables en chimie et à l'examen de synthèse.

Cette comparaison ne porte que sur les groupes qui, en plus du test de l'habileté scolaire et des questions de l'examen de synthèse, ont passé un prétest portant sur les connaissances en chimie, soit les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T.

Le tableau 4.20 présente les principales caractéristiques statistiques de ces quatre groupes.

Le tableau 4.21 présente les résultats de l'analyse de la variance pour l'habileté scolaire, les connaissances en chimie de fin de secondaire, la performance à chacune des questions de l'examen de synthèse, au total de l'examen de synthèse et au total de l'examen de synthèse moins la question 9.

Les résultats de l'application du test de Fisher où les quatre groupes sont comparés deux à deux sont présentés dans les tableaux 4.22 à 4.29 à l'annexe G.

Les résultats au test d'habileté scolaire

Si on compare en habileté scolaire les quatre groupes qui ont passé un prétest, soit les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T, on ne constate aucune différence significative ($F= 1,98$, $p= 0,12$).

Les résultats à l'examen de connaissances de fin de secondaire

Par rapport aux résultats de cet examen, les mêmes quatre groupes ne diffèrent pas significativement suite aux résultats de l'analyse de la variance ($F= 0,27$, $p= 0,85$).

TABLEAU 4.20

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STATISTIQUES DES 4 GROUPES (2 GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET 2 GROUPES TÉMOINS) QUI ONT PASSÉ LE TEST DE CONNAISSANCES DE FIN DE SECONDAIRE

		habileté scolaire	chimie sec V	examen de synthèse					
				question				total 8 à 11	total 8,10,11
				8	9	10	11		
score maximum / groupe		80	20	20	20	20	20	100	80
1 E	N	23	23	23	23	23	23	23	23
	$\bar{X}$	63.65	10.40	11.90	14.53	13.20	13.00	65.78	51.24
	s	6.89	3.56	7.01	4.20	4.54	4.34	18.38	15.61
2 T	N	25	26	26	26	26	26	26	24
	$\bar{X}$	56.80	10.61	14.09	8.53	10.14	10.51	54.09	45.45
	s	12.60	4.48	5.98	5.85	5.36	4.45	21.52	17.88
5 E	N	25	25	22	22	22	22	22	22
	$\bar{X}$	59.80	10.69	12.87	13.30	13.51	12.53	65.25	51.96
	s	10.42	3.60	5.96	6.01	4.76	4.74	22.47	17.32
6 T	N	15	16	13	13	13	13	13	13
	$\bar{X}$	58.67	9.69	7.75	5.45	10.66	10.43	42.86	37.42
	s	7.27	2.83	4.82	6.12	5.24	3.13	18.92	13.95

Note: N = population
$\bar{X}$ = moyenne
s = écart type

TABLEAU 4.21

ANALYSE DE LA VARIANCE POUR TOUS LES GROUPES QUI ONT PASSÉ LE TEST DE CONNAISSANCES EN CHIMIE DE FIN DE SECONDAIRE

Habileté scolaire

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	579.37	193.12	1.98	0.12
2. intra	84	8194.95	97.56		
3. total	87	8774.32			

Connaissances en chimie

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	11.24	3.75	0.27	0.85
2. intra	86	1213.01	14.10		
3. total	89	1224.25			

Question 8

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	362.17	120.72	3.22	0.027
2. intra	80	2998.62	37.48		
3. total	83	3360.79			

Question 9

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	961.74	320.58	10.47	0.0001
2. intra	80	2448.80	30.61		
3. total	83	3410.54			

Question 10

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	196.23	65.41	2.65	0.055
2. intra	80	1976.63	24.71		
3. total	83	2172.86			

Question 11

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	111.21	37.07	1.98	0.12
2. intra	80	1497.10	18.71		
3. total	83	1608.31			

Total de l'examen de synthèse (8, 9, 10 et 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	5903.86	1967.95	4.64	0.0046
2. intra	80	33916.90	423.96		
3. total	83	39820.76			

Total de l'examen de synthèse (8, 10, 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	2182.52	727.51	2.66	0.054
2. intra	78	21350.48	273.72		
3. total	81	23533.00			

L'application de l'analyse de la variance au total de l'examen de synthèse en chimie 202-101 donne des rapports F statistiquement significatifs à $p \leq 0,05$; sans la question 9 le rapport F obtenu est à la limite du seuil de probabilité généralement accepté. Appliquée à chacune des questions, l'analyse de la variance donne des rapports F statistiquement significatifs à $p \leq 0,05$ dans le cas de deux des quatre questions; le rapport F est à la limite du seuil de probabilité pour une des questions. Voyons en détail les résultats obtenus au test de Fisher.

Les résultats à l'examen de synthèse en chimie 202-101

Question 8

À la question 8, il n'a pas de différence significative entre le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 2T; par ailleurs entre le groupe expérimental 5E et le groupe témoin 6T, la différence est significative et cette différence est en faveur du groupe expérimental. Ce dernier a obtenu une moyenne de 12,87 comparativement à une moyenne de 7,75 pour le groupe témoin.

Il faut ajouter aussi que si la performance des groupes expérimentaux à cette question est assez similaire avec des moyennes respectives de 11,90 (1E) et 12,87 (5E), celle des groupes témoins est significativement différente avec des moyennes respectives de 14,09 (2T) et 7,75 (6T). Ces résultats montrent une autre fois une performance plus homogène chez les groupes expérimentaux.

Question 9

Les résultats obtenus semblent favoriser nettement les groupes expérimentaux. À la question 9, les deux groupes expérimentaux (1E et 5E) ont obtenu des résultats significativement supérieurs à ceux des deux groupes témoins (2T et 6T). Les moyennes des deux groupes expérimentaux sont de 14,53 (1E) et 13,30 (5E) comparativement à des moyennes de 8,53 (2T) et 5,54 (6T) pour les groupes témoins.

De plus, à la question 9, on ne constate aucune différence significative entre les moyennes des groupes expérimentaux, ni entre celles des groupes témoins. Par rapport à cette question, la probabilité est très élevée (99,99 %) que le traitement (méthode de Chimie raisonnée) soit une des explications de cette grande performance.

Question 10

Par rapport à la question 10, deux différences sont significatives à la limite du seuil de probabilité généralement accepté de 0,05.

Ces deux différences sont celles obtenues entre le groupe expérimental (1E) et le groupe témoin (2T) d'une part, et, d'autre part, entre le groupe expérimental (5E) et le groupe témoin (2T). Dans les deux cas, la différence obtenue est en faveur des groupes expérimentaux.

Par ailleurs, entre chacun des groupes expérimentaux 1E et 5E et le groupe témoin 6T, on observe des différences qui sont toutes deux en faveur des groupes expérimentaux bien que ces différences ne soient pas statistiquement significatives.

Question 11

À la question 11, le rapport F obtenu suite à l'analyse de la variance ne permet pas de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T soient significatives même si le test de Fisher montre qu'une telle différence existe quand on compare le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 2T et que cette différence favorise le groupe expérimental.

Total de l'examen de synthèse

Au total de l'examen de synthèse, deux différences importantes, significatives sont enregistrées et ces deux différences sont toutes deux en faveur des groupes expérimentaux 1E et 5E quand ils sont comparés au groupe témoin 6T. Entre les deux groupes expérimentaux et le groupe témoin 2T, les différences observées favorisent les premiers mais ne sont pas significatives.

Total de l'examen de synthèse moins la question 9

Par rapport au total de l'examen de synthèse moins la question 9, deux différences sont significatives à la limite du seuil de probabilité généralement accepté de 0,05.

Ces deux différences sont celles obtenues entre chacun des groupes expérimentaux 1E et 5E et le groupe témoin 6T. Dans les deux cas, la différence obtenue est en faveur des groupes expérimentaux.

Par ailleurs, entre chacun des groupes expérimentaux 1E et 5E et le groupe témoin 2T, on observe des différences qui sont toutes deux en faveur des groupes expérimentaux bien que ces différences ne soient pas statistiquement significatives.

À l'examen de synthèse avec ou sans la question 9, l'homogénéité des résultats est plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. En effet, au total de l'examen de synthèse, l'écart entre les moyennes est de 0,53 chez les groupes expérimentaux (65,78: 1E et 65,25: 5E) et de 11,23 chez les groupes témoins (54,09: 2T et 42,86: 6T). Sans la question 9, on observe un écart de 0,72 chez les groupes expérimentaux (51,24: 1E et 51,96: 5E) et de 8,03 chez les groupes témoins (45,45: 2T et 37,42: 6T). On remarque aussi que les groupes expérimentaux présentent des moyennes nettement plus élevées que celles des groupes témoins.

4.3 La comparaison des résultats obtenus en habileté scolaire, aux questions intermédiaires et à l'examen de synthèse

Cette comparaison s'est faite entre les groupes d'étudiantes et d'étudiants qui, en plus du test d'habileté scolaire et des questions de l'examen de synthèse, ont passé des examens intermédiaires dans lesquels sept questions numérotées de 1 à 7 étaient identiques. Ces groupes sont les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T.

Le tableau 4.30 présente les principales caractéristiques statistiques de ces quatre groupes. Il faut noter que dans ce tableau le total des questions intermédiaires et que celui de l'examen de synthèse ont été ramenés chacun sur 100 et que le total de l'examen de synthèse moins la question 9 est sur 80.

Le tableau 4.31 présente les résultats de l'analyse de la variance appliquée à l'habileté scolaire, à la performance à chacune des questions intermédiaires (1 à 7), au total des questions intermédiaires, à la performance à chacune des questions de l'examen de synthèse (8 à 11), au total de l'examen de synthèse et au total de l'examen de synthèse moins la question 9.

Les tableaux 4.32 à 4.46 à l'annexe H présentent les résultats de l'application du test de Fisher aux quatre groupes comparés deux à deux.

Les résultats au test d'habileté scolaire

Par rapport à l'habileté scolaire (Otis-Lennon), les résultats du groupe expérimental 3E sont significativement plus bas que ceux obtenus par le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 4T.

TABLEAU 4.30

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES POUR LES 4 GROUPES
(2 GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET 2 GROUPES TÉMOINS)
QUI ONT PASSÉ LES QUESTIONS INTERMÉDIAIRES

		habileté scolaire	questions intermédiaires								examen de synthèse					
			1	2	3	4	5	6	7	total 1à7	question 8	question 9	question 10	question 11	total 8à11	total 8,10,11
score maximum / groupe			10	20	15	5	15	20	20	100	20	20	20	20	100	80
1E	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	$\bar{X}$	63,65	9,06	10,34	8,70	4,02	13,07	13,91	12,81	68,50	11,90	14,53	13,20	13,00	65,78	51,24
	s	6,89	1,68	5,81	4,81	0,78	1,94	5,10	4,51	13,48	7,01	4,20	4,54	4,34	18,38	15,61
2T	N	25	28	26	26	26	28	26	26	28	26	26	26	26	26	26
	$\bar{X}$	56,80	8,20	9,12	10,77	4,30	10,43	12,23	5,22	54,56	14,09	8,53	10,14	10,51	54,09	45,56
	s	12,60	2,64	5,32	3,54	0,84	3,58	5,69	2,07	18,57	5,98	5,85	5,36	4,45	21,52	17,17
3E	N	26	25	25	24	25	24	24	24	25	23	23	23	23	23	23
	$\bar{X}$	50,15	7,64	10,10	10,46	3,43	10,34	11,83	10,04	59,19	8,45	11,67	10,52	11,08	53,16	41,50
	s	21,91	2,36	6,02	4,15	1,16	3,25	4,17	5,69	18,96	5,56	5,56	5,76	4,87	21,12	17,16
4T	N	24	22	22	22	22	21	21	21	22	20	20	20	20	20	20
	$\bar{X}$	60,58	8,89	12,86	9,64	3,83	11,58	15,90	9,78	67,42	16,12	13,92	13,64	13,50	71,48	57,56
	s	10,64	2,01	5,49	4,08	1,14	2,20	3,25	4,89	19,13	4,18	6,71	5,51	5,18	20,82	16,75

Note: N = population
$\bar{X}$ = moyenne
s = écart type

TABLEAU 4.31

ANALYSE DE LA VARIANCE POUR TOUS LES GROUPES
QUI ONT PASSÉ LES QUESTIONS INTERMÉDIAIRES

Habileté scolaire

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	2513.56	837.86	4.05	0.0094
2. intra	94	19452.44	206.94		
3. total	97	21966.00			

Question 1

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	30.96	10.32	2.07	0.11
2. intra	94	469.05	4.99		
3. total	97	500.01			

Question 2

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	178.50	59.50	1.85	0.14
2. intra	92	2952.70	32.10		
3. total	95	3131.20			

Question 3

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	61.95	20.65	1.20	0.31
2. intra	91	1566.53	17.22		
3. total	94	1628.48			

Question 4

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	9.95	3.32	3.36	0.022
2. intra	92	90.78	0.99		
3. total	95	100.74			

Question 5

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	117.38	39.13	4.68	0.0043
2. intra	92	768.60	8.35		
3. total	95	885.99			

Question 6

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	232.12	77.37	3.49	0.019
2. intra	90	1993.58	22.15		
3. total	93	2225.70			

Question 7

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	733.95	244.65	12.39	0.0001
2. intra	90	1777.32	19.75		
3. total	93	2511.27			

TABLEAU 4.31 (SUITE)

Total des questions intermédiaires (1 - 7)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	3366.77	1122.26	3.56	0.02
2. intra	94	29623.26	315.14		
3. total	97	32990.04			

Question 8

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	712.76	237.59	7.00	0.0003
2. intra	88	2985.58	33.93		
3. total	91	3698.34			

Question 9

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	536.88	178.96	5.68	0.0013
2. intra	88	2775.23	31.54		
3. total	91	3312.11			

Question 10

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	221.84	73.95	2.62	0.056
2. intra	88	2479.69	28.18		
3. total	91	2701.53			

Question 11

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	124.17	41.39	1.88	0.14
2. intra	88	1939.24	22.04		
3. total	91	2063.42			

Total de l'examen de synthèse (8, 9, 10 et 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	5356.75	1785.58	4.24	0.0076
2. intra	88	37069.38	421.24		
3. total	91	42426.13			

Total de l'examen de synthèse (8, 10 et 11)

source de variance	degré de liberté	somme des carrés	moyenne des carrés	rapport F [1/2]	niveau de probabilité
1. inter	3	3167.87	1055.96	3.79	0.013
2. intra	88	24540.56	278.87		
3. total	91	27708.43			

L'application de l'analyse de la variance au total des questions intermédiaires donne un rapport F statistiquement significatif à $p \leq 0,05$. Appliquée à chacune des questions intermédiaires, l'analyse de la variance donne des rapports F statistiquement significatifs à $p \leq 0,05$ dans le cas de quatre des sept questions. Allons dans le détail avec les résultats obtenus au test de Fisher.

Les résultats aux questions intermédiaires

Question intermédiaire 1

À la question intermédiaire 1, le rapport F (2,07) obtenu suite à l'analyse de la variance ne permet pas de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T soient significatives.

Il faut ajouter que la performance des groupes témoins est un peu plus homogène que celle des groupes expérimentaux avec des moyennes respectives de 8,20 (2T), 8,89 (4T) et de 9,06 (1E) et 7,64 (3E). Une différence significative est toutefois observée au test de Fisher entre les groupes expérimentaux 1E et 3E.

Question intermédiaire 2

À cette question, le rapport F (1,85) ne permet pas non plus de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T soient significatives.

Le groupe 1E a obtenu une moyenne de 10,34 comparativement à une moyenne de 10,10 pour le groupe 3E, le groupe 2T a obtenu une moyenne de 9,12 comparativement à une moyenne de 12,88 pour le groupe 4T.

L'homogénéité est plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. De plus, l'écart entre les moyennes des groupes expérimentaux est de 0,24 comparativement à 3,76 pour les groupes témoins, ce qui montre une plus grande homogénéité dans la performance des groupes expérimentaux. Au test de Fisher, le groupe témoin 4T est significativement plus fort que le groupe témoin 2T.

Question intermédiaire 3

À la question 3, le rapport F (1,20) ne permet pas encore de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T soient significatives.

On remarque de plus peu de différence entre les moyennes de ces quatre groupes : 1E: 8,70, 2T: 10,77, 3E: 10,46 et 4T: 9,64.

Question intermédiaire 4

À la question 4, il y a une différence significative entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et cette différence est en faveur du groupe témoin 2T par rapport au groupe expérimental 3E. Il est à noter aussi qu'il y a une différence significative entre les groupes expérimentaux en faveur du groupe 1E. Cela signifie une plus grande homogénéité des groupes témoins à cette question.

Question intermédiaire 5

À la question 5, il y a une différence significative entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et cette différence est en faveur du groupe expérimental 1E par rapport au groupe témoin 2T. Il est à noter qu'il y a également une différence significative entre les groupes expérimentaux en faveur du groupe 1E.

Compte tenu de la performance de groupe expérimental 1E, on observe une plus grande homogénéité entre des moyennes des groupes témoins (2T: 10,43 et 4T: 11,58) que celles des groupes expérimentaux (1E: 13,07 et 3E: 10,34).

Question intermédiaire 6

À la question intermédiaire 6, il y a une différence significative entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et cette différence est en faveur de groupe témoin 4T par rapport au groupe expérimental 3E. Il y a aussi une différence significative entre les groupes témoins et cette différence est en faveur du groupe 4T par rapport au groupe 2T.

Compte tenu de la performance du groupe témoin 4T, on observe une plus grande homogénéité des moyennes chez les groupes expérimentaux (1E: 13,91 et 3E: 11,83) que chez les groupes témoins (2T: 12,23 et 4T: 15,20).

Question intermédiaire 7

À la question 7, les résultats obtenus sont à la fois clairs et impressionnants. Des quatre comparaisons effectuées entre les groupes témoins et les groupes expérimentaux, trois sont significatives et les trois en faveur des groupes expérimentaux. Les moyennes des deux groupes expérimentaux sont de 12,81: 1E et 10,04: 3E comparativement à des moyennes de 5,22: 2T et 9,78: 4T.

Par rapport à cette question intermédiaire, la probabilité est très élevée (99,99 %) que le traitement (méthode de Chimie raisonnée) soit une des explications de cette performance.

Total des questions intermédiaires

Au total des questions intermédiaires, une différence significative est enregistrée entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins. Cette différence est en faveur du groupe expérimental 1E par rapport au groupe témoin 2T. Il est à noter qu'il y a une différence significative entre les groupes témoins en faveur du groupe 4T.

Ici encore l'homogénéité est plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. L'écart entre les moyennes des groupes expérimentaux est de 9,31 comparativement à 12,86 pour les groupes témoins. En effet, les moyennes des groupes expérimentaux sont de 68,50 pour 1E et 59,19 pour 3E et celles des groupes témoins de 67,42 pour 4T et de 54,56 pour le groupe 2T.

Les résultats à l'examen de synthèse en chimie 202-101

L'application de l'analyse de la variance au total de l'examen de synthèse en chimie 202-101 donne des rapports F statistiquement significatifs à $p \leq 0,05$ avec ou sans la question 9. Appliquée à chacune des questions, l'analyse de la variance donne des rapports F statistiquement significatifs à $p \leq 0,05$ dans le cas de deux des quatre questions et à la limite du seuil de probabilité pour une des questions. Voyons en détail les résultats obtenus au test de Fisher.

Question 8

À la question 8, il y a trois différences significatives entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins, et ces trois différences sont en faveur des groupes témoins: le groupe témoin 4T est significativement plus fort que les groupes expérimentaux 1E et 3E et le groupe témoin 2T est significativement plus fort que le groupe expérimental 3E. On observe aussi une différence significative entre les groupes expérimentaux et celle-ci est en faveur du groupe 1E.

À cette question les groupes témoins ont une performance significativement meilleure que celle des groupes expérimentaux et présentent des moyennes supérieures soit: 16,12: 4T et 14,09: 2T pour les groupes témoins et 11,90: 1E et 8,45: 3E pour les groupes expérimentaux.

Question 9

À cette question, une différence significative est observée entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et celle-ci est en faveur du groupe expérimental 1E par rapport au groupe témoin 2T. On observe aussi une différence significative entre les groupes témoins et celle-ci favorise le groupe 4T.

La performance des groupes expérimentaux présente plus d'homogénéité avec des moyennes de 14,53 pour le groupe 1E et 11,67 pour le groupe 3E que les groupes témoins avec des moyennes de 8,53 pour le groupe 2T et de 13,92 pour 4T.

Question 10

Par rapport à la question 10, une différence entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins est significative à la limite du seuil de probabilité généralement accepté de 0,05.

Cette différence est celle obtenue entre le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 2T, en faveur du groupe expérimental 1E. On observe de plus une différence significative entre les groupes témoins favorisant le groupe 4T.

Question 11

À la question 11, le rapport F (1,88) obtenu suite à l'analyse de la variance ne permet pas de soutenir que les différences obtenues entre les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T soient significatives même si le test de Fisher montre qu'une telle différence existe quand on compare les groupes témoins et que cette différence favorise le groupe 4T.

L'homogénéité des résultats à cette question est aussi plus grande chez les groupes expérimentaux que chez les groupes témoins. En effet, l'écart entre les moyennes est de 1,12 chez les groupes expérimentaux (13,00: 1E et 11,88: 3E) et de 2,99 chez les groupes témoins (10,51: 2T et 13,50: 4T).

Total de l'examen de synthèse

Au total de l'examen de synthèse, deux différences importantes et significatives sont enregistrées lorsqu'on compare les groupes expérimentaux et les groupes témoins; l'une favorise le groupe expérimental 1E par rapport au groupe témoin 2T et l'autre favorise le groupe témoin 4T par rapport au groupe expérimental 3E. On observe de plus des différences significatives entre les groupes expérimentaux, en faveur du groupe 1E et entre les groupes témoins, en faveur du groupe 4T.

Total de l'examen de synthèse sans la question 9

Par rapport au total de l'examen de synthèse sans la question 9, une différence significative est observée entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et celle-ci en faveur du groupe 4T par rapport au groupe 3E. On observe aussi une différence significative entre les groupes témoins, en faveur encore ici du groupe 4T.

La performance des groupes expérimentaux est encore ici plus homogène (1E: 51,24 et 3E: 41,50) que celle des groupes témoins (2T: 45,56 et 4T: 57,56).

Chapitre 5

D:scussion

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Suite à la présentation de ces résultats, que pouvons-nous répondre à notre question de recherche relative à la validité de la méthode de **Chimie raisonnée**? Notre hypothèse de recherche

> "Si on compare les résultats obtenus en chimie 202-101, il n'y aura pas de différence significative entre la méthode de **Chimie raisonnée** et d'autres méthodes d'enseignement".

ne peut être acceptée.

En effet, plusieurs différences significatives à $p \leq 0,05$ ont été obtenues entre les groupes expérimentaux (soumis à **Chimie raisonnée**) et les groupes témoins (soumis à d'autres méthodes d'enseignement de la chimie).

Considérons ces différences à la lumière des diverses comparaisons effectuées.

1. La comparaison des trois groupes expérimentaux et des trois groupes témoins par rapport à l'habileté scolaire et à l'examen de synthèse en chimie.

Tous les groupes ont été comparés par rapport à une variable de contrôle de l'équivalence, l'habileté scolaire, et par rapport aux résultats obtenus à chacune des questions de l'examen de synthèse, au total de l'examen de synthèse avec la question 9 et au total de l'examen de synthèse sans la question 9.

Au départ, cinq des six groupes se sont révélés équivalents en habileté scolaire. Seul le groupe expérimental 3E a obtenu un résultat nettement plus bas. Étant donné la relation existant entre l'habileté scolaire et le rendement scolaire (notamment en chimie), cela a pu avoir pour effet de neutraliser des différences potentielles en chimie entre le groupe expérimental 3E et les autres groupes témoins ou encore de rendre significatives des différences entre ce groupe et les groupes témoins.

Ensuite, voyons les différences significatives obtenues à chacune des questions et au total de l'examen de synthèse en chimie. Le tableau qui suit (tableau 5.1) donne un résumé de l'information à ce sujet. Ce résumé fait ressortir de façon assez claire que la méthode de **Chimie raisonnée** a produit plus souvent des résultats supérieurs que les autres méthodes d'enseignement.

TABLEAU 5.1

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS À LA PERFORMANCE DES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives en faveur des groupes exp.	Différences significatives en faveur des groupes témoins	Écart
Question 8	1E > 6T 5E > 6T	1E < 4T 3E < 2T 3E < 4T	-1
Question 9	1E > 2T 1E > 6T 5E > 2T 5E > 6T 3E > 6T		+5
Question 10	1E > 2T 5E > 2T		+2
Question 11	aucune différence significative		0
Sous-total	9 différences significatives	3 différences significatives	+6
Total examen de synthèse avec question 9	1E > 6T 5E > 6T	3E < 4T	+1
Total examen de synthèse sans question 9	1E > 6T 5E > 6T	3E < 4T	+1

TABLEAU 5.2

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS AU DEGRÉ D'HOMOGÉNÉITÉ CHEZ LES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives entre les groupes exp.	Différences significatives entre les groupes témoins	Écart
Question 8			
Question 9		4T > 2T 4T > 6T	
Question 10		4T > 2T	
Question 11		4T > 2T	
Sous-total	0	4	-4
Total examen de synthèse avec question 9	1E > 3T	4T > 2T 4T > 6T	-1
Total examen de synthèse sans question 9	1E > 3E 1E > 5E	4T > 2T 4T > 6T	0

2. La comparaison des groupes expérimentaux 1E et 5E et des groupes témoins 2T et 6T par rapport à l'habileté scolaire, à l'examen de chimie de fin de secondaire et à l'examen de synthèse en chimie.

Les quatre groupes 1E, 2T, 5E et 6T ont été comparés par rapport à deux variables de contrôle de l'équivalence, l'habileté scolaire et les connaissances en chimie de fin de secondaire, et par rapport aux résultats obtenus à chacune des questions de l'examen de synthèse, au total de l'examen de synthèse avec la question 9 et au total de l'examen de synthèse sans la question 9.

Une première chose est intéressante à noter dès le départ: les quatre groupes ne diffèrent pas significativement entre eux ni en habileté scolaire, ni en connaissances en chimie de fin de secondaire. Les quatre groupes peuvent donc être considérés équivalents, ce qui ne pourra que mieux faire ressortir les différences entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins et, par voie de conséquence, l'impact probable de Chimie raisonnée sur la performance en chimie.

Comme dans la comparaison précédente, un résumé des différences significatives obtenues à chacune des questions et au total de l'examen de synthèse en chimie est donné ci-après (tableau 5.3).

TABLEAU 5.3

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS À LA PERFORMANCE DES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives en faveur des groupes exp.	Différences significatives en faveur des groupes témoins	Écart
Question 8	5E > 6T		+1
Question 9	1E > 2T 1E > 6T 5E > 2T 5E > 6T		+4
Question 10	1E > 2T 5E > 2T		+2
Question 11	aucune différence significative		0
Sous-total	7 différences significatives		+7
Total examen de synthèse avec question 9	1E > 6T 5E > 6T		+2
Total examen de synthèse sans question 9	1E > 6T 5E > 6T		+2

Des données qui précèdent, on peut dégager que la méthode de **Chimie raisonnée** produit des résultats supérieurs aux autres méthodes d'enseignement. Cette constatation vaut pour trois des quatre questions de l'examen de synthèse et pour le total de l'examen de synthèse avec ou sans la question 9. Cette conclusion paraît d'autant plus fiable que les groupes expérimentaux et témoins étaient équivalents au départ par rapport à deux variables qu'on reconnaît importantes dans la réussite scolaire en chimie. Ces variables sont l'habileté scolaire et les connaissances en chimie de fin de secondaire.

Voyons maintenant si les groupes expérimentaux ont tendance encore ici à être plus homogènes que les groupes témoins quant à leur performance. Sur ce point, le résumé des observations, présenté dans le tableau 5.4, montre que cette tendance ne s'est manifestée qu'une seule fois de manière significative: c'est pour la question 8 de l'examen de synthèse.

TABLEAU 5 4

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS AU DEGRÉ D'HOMOGÉNÉITÉ CHEZ LES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives entre les groupes exp.	Différences significatives entre les groupes témoins	Écart
Question 8		2T < 6T	-1
Question 9	aucune différence significative		
Question 10	aucune différence significative		
Question 11	aucune différence significative		
Sous-total	0	1	-1
Total examen de synthèse avec question 9	aucune différence significative		
Total examen de synthèse sans question 9	aucune différence significative		

3 La comparaison des groupes expérimentaux 1E et 3E et témoins 2T et 4T par rapport à l'habileté scolaire, aux questions intermédiaires, au total des questions intermédiaires, aux questions de l'examen de synthèse et au total de l'examen de synthèse avec et sans la question 9.

Les quatre groupes 1E, 2T, 3E et 4T ont d'abord été comparés par rapport à une variable de contrôle de l'équivalence, l'habileté scolaire. Par rapport à cette variable, on l'avait noté lors de la première comparaison, les quatre groupes ne sont pas équivalents. En effet, le groupe expérimental 3E s'est révélé significativement plus faible que le groupe expérimental 1E et le groupe témoins 4T. Ce manque d'équivalence ne peut qu'avoir un impact théoriquement défavorable à l'égard de la méthode de Chimie raisonnée. Examinons quand même dans quel sens sont les différences significatives obtenues. Le tableau 5.5 qui suit donne un résumé de ces différences.

TABLEAU 5.5

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS À LA PERFORMANCE DES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives en faveur des groupes exp	Différences significatives en faveur des groupes témoins	Écart
Questions intermédiaires			
Question 1	aucune différence significative		
Question 2	aucune différence significative		
Question 3	aucune différence significative		
Question 4		2T > 3E	-1
Question 5	1E > 2T		+1
Question 6		4T > 3E	-1
Question 7	1E > 2T 1E > 2T 3E > 2T		+3
Total questions intermédiaires	4 différences significatives	2 différences significatives	+2
Examen de synthèse			
Question 8		2T > 3E 4T > 1E 4T > 3E	-3
Question 9	1E > 2T		+1
Question 10	1E > 2T		+1
Question 11	aucune différence significative		
Sous-total	2 différences significatives	3 différences significatives	-1
Total examen de synthèse avec question 9	1E > 2T	4T > 3E	0
Total examen de synthèse sans question 9		4T > 3E	-1

Du tableau qui précède, se dégagent les conclusions suivantes:

1. Par rapport aux questions intermédiaires, les groupes expérimentaux ont un peu mieux performé grâce à leurs résultats particulièrement élevés à la question 7.

2. Par rapport aux questions de l'examen de synthèse, les groupes témoins ont un peu mieux performé grâce à leurs résultats particulièrement élevés à la question 8.

3. Le fait de maintenir ou non la question 9 dans le total de l'examen de synthèse n'est pas sans conséquence. Quant la question 9 est maintenue, les deux différences obtenues favorisent l'une un groupe expérimental (1E>2T), l'autre un groupe témoin (4T>3E). Quand la question 9 n'est pas maintenue, une seule différence significative est obtenue, celle entre le groupe expérimental 3E et le groupe témoin 4T et celle-ci favorise le groupe témoin.

4. Sur les quatorze différences significatives obtenues entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins, sept sont favorables aux groupes expérimentaux, sept sont favorables aux groupes témoins. Sur les sept différences significatives en faveur des groupes témoins, six impliquent le groupe expérimental 3E, groupe qui s'était révélé significativement plus faible que tous les autres en habileté scolaire. Il est vraisemblable que cette faiblesse du groupe expérimental 3E s'est répercutée sur les résultats aux connaissances en chimie, telles que mesurées par les questions intermédiaires et l'examen de synthèse.

La comparaison 3 demeure donc une comparaison quelque peu boiteuse en raison du manque d'équivalence d'un des groupes, le groupe 3E, dont le résultat en habileté scolaire est nettement plus faible que ceux obtenus par les trois autres.

De plus en raison de cette faiblesse, on peut s'attendre à ce que la tendance des groupes expérimentaux à donner des résultats plus homogènes soit beaucoup moins marquée si elle existe encore. Le résumé des observations sur ce point, dont rend compte le tableau 5.8, montre en effet que cette tendance existe encore mais de façon beaucoup plus ténue.

TABLEAU 5.6

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS RELIÉS AU DEGRÉ D'HOMOGÉNÉITÉ CHEZ LES GROUPES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS

	Différences significatives en faveur des groupes exp.	Différences significatives en faveur des groupes témoins	Écart
Questions intermédiaires			
Question 1	1E > 3E		+1
Question 2		4T > 2T	-1
Question 3	aucune différence significative		
Question 4	1E > 3E		+1
Question 5	1E > 3E		+1
Question 6		4T > 2T	-1
Question 7	1E > 3E	4T > 2T	0
Total questions intermédiaires	4 différences significatives	3 différences significatives	+1
Examen de synthèse			
Question 8	1E > 3E		+1
Question 9		4T > 2T	-1
Question 10		4T > 2T	-1
Question 11		4T > 2T	-1
Sous-total	1 différence significative	3 différences significatives	-2
Total examen de synthèse avec question 9	1E > 3E	4T > 2T	
Total examen de synthèse sans question 9		4T > 2T	-1

Conclusion

CONCLUSION

La présente recherche se proposait de vérifier l'hypothèse selon laquelle la méthode de **Chimie raisonnée** produirait des résultats en chimie 202-101 équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de cette matière.

Pour vérifier cette hypothèse, on a utilisé un plan d'expérience à six groupes, inspiré du plan à quatre groupes de Solomon. Il comprenait trois groupes expérimentaux et trois groupes témoins. Au total, 73 étudiantes et étudiants ont été répartis dans les trois groupes expérimentaux et 66 dans les trois groupes témoins. La répartition des sujets a été faite selon la procédure habituelle du Cégep visant à obtenir le plus possible des groupes équilibrés au plan des forces et des faiblesses scolaires.

La méthode de **Chimie raisonnée** correspondait à la variable indépendante. Reposant sur une approche pédagogique semi-individualisée, cette méthode privilégie l'apprentissage par le raisonnement et insiste de façon particulière sur la compréhension de textes et la rédaction de réponses bien articulées dans un français correct.

Les principales variables dépendantes étaient 1) le rendement scolaire en chimie 202-101 tel que mesuré par un examen de synthèse uniforme passé à la fin de l'expérimentation et 2) le rendement à des questions intermédiaires identiques posées pendant le déroulement de l'expérimentation.

CONCLUSION

La présente recherche se proposait de vérifier l'hypothèse selon laquelle la méthode de **Chimie raisonnée** produirait des résultats en chimie 202-101 équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de cette matière.

Pour vérifier cette hypothèse, on a utilisé un plan d'expérience à six groupes, inspiré du plan à quatre groupes de Solomon. Il comprenait trois groupes expérimentaux et trois groupes témoins. Au total, 73 étudiantes et étudiants ont été répartis dans les trois groupes expérimentaux et 66 dans les trois groupes témoins. La répartition des sujets a été faite selon la procédure habituelle du Cégep visant à obtenir le plus possible des groupes équilibrés au plan des forces et des faiblesses scolaires.

La méthode de **Chimie raisonnée** correspondait à la variable indépendante. Reposant sur une approche pédagogique semi-individualisée, cette méthode privilégie l'apprentissage par le raisonnement et insiste de façon particulière sur la compréhension de textes et la rédaction de réponses bien articulées dans un français correct.

Les principales variables dépendantes étaient 1) le rendement scolaire en chimie 202-101 tel que mesuré par un examen de synthèse uniforme passé à la fin de l'expérimentation et 2) le rendement à des questions intermédiaires identiques posées pendant le déroulement de l'expérimentation.

Deux variables de contrôle de l'équivalence des groupes ont été mesurées avant le début de l'expérimentation: l'habileté scolaire (avec le test Otis-Lennon, niveau supérieur) et les connaissances en chimie de fin de secondaire.

L'analyse de la variance et le test de comparaison multiple de Fisher sont les deux procédés statistiques qui furent utilisés à l'intérieur de trois comparaisons entre les groupes expérimentaux et les groupes témoins.

Une première comparaison des résultats obtenus par les six groupes a montré:

1. **par rapport à l'habileté scolaire:** une équivalence raisonnable des groupes expérimentaux et témoins, exception faite pour le groupe expérimental 3E qui s'est montré significativement plus faible;

2. **par rapport à l'examen de synthèse en chimie:**
   - une supériorité des groupes expérimentaux 1E et 5E par rapport au groupe témoin 6T;
   - une supériorité du groupe témoin 4T par rapport au groupe expérimental 3E;

3. **par rapport à l'homogénéité des résultats:** elle est généralement plus grande chez les groupes expérimentaux.

Une deuxième comparaison des résultats obtenus par les groupes expérimentaux 1E et 5E et les groupes témoins 2T et 6T en habileté scolaire, à l'examen de connaissances de fin de secondaire et à l'examen de synthèse a montré:

1. **par rapport à l'habileté scolaire:** une équivalence raisonnable des groupes expérimentaux et témoins;

2. **par rapport à l'examen de connaissances en chimie de fin de secondaire:** une équivalence raisonnable des groupes expérimentaux et témoins.

3. **par rapport à l examen de synthèse en chimie:**
   - une supériorité des groupes expérimentaux 1E et 5E par rapport au groupe témoin 6T;
   - la supériorité d'un ou des deux groupes expérimentaux 1E et 5E par rapport à un ou les deux groupes témoins 2T et 6T sur trois des quatre questions de l'examen de synthèse;

4. **par rapport à l'homogénéité des résultats:** elle est significativement plus grande une fois sur trois, les deux autres fois, les différences n'étant pas significatives.

Une troisième comparaison des résultats obtenus par les groupes expérimentaux 1E et 3E et les groupes témoins 2T et 4T a montré:

1. **par rapport à l'habileté scolaire:** une équivalence insatisfaisante des groupes expérimentaux et témoins, le groupe expérimental 3E cotant significativement plus bas que le groupe expérimental 1E et le groupe témoin 4T; seuls les groupes 1E et 2T sont équivalents.

2. **par rapport aux questions intermédiaires:** si on ne considère que les groupes équivalents 1E et 2T, sur les trois différences significatives obtenues, les trois sont en faveur du groupe expérimental 1E; par ailleurs, si on considère les quatre groupes, sur les six diffé-

rences significatives obtenues, quatre sont en faveur des groupes expérimentaux, deux en faveur des groupes témoins (et les deux impliquent le groupe 3E plus faible en habileté scolaire);

3. **par rapport à l'examen de synthèse en chimie:** si on ne considère que les groupes équivalents 1E et 2T, sur les deux différences significatives obtenues, les deux sont en faveur du groupe expérimental 1E; par ailleurs, si on considère les quatre groupes, sur les cinq différences significatives obtenues, deux sont en faveur des groupes expérimentaux, trois en faveur des groupes témoins (dont deux trois impliquent le groupe 3E plus faible en habileté scolaire);

4. **par rapport à l'homogénéité des résultats:** elle est dans l'ensemble légèrement plus grande chez les groupes expérimentaux.

Les résultats de ces trois comparaisons ne permettent pas d'affirmer que la méthode de **Chimie raisonnée** produit des résultats en chimie 202-101 équivalents à ceux obtenus par d'autres méthodes d'enseignement de cette matière. **L'hypothèse est rejetée car la méthode de Chimie raisonnée a produit dans l'ensemble de meilleurs résultats que ceux obtenus par d'autres méthodes. Il faut toutefois reconnaître que d'autres facteurs peuvent avoir joué un rôle concomitant à l'emploi de la méthode, bien que de tels facteurs n'on pu être identifiés.**

À la suite de cette expérimentation, il nous a semblé intéressant d'analyser la performance dans les cours de mathématiques 103 et 203 et dans les cours subséquents de chimie (201 et 202) de toutes les étudiantes et de tous les étudiants inscrits en chimie 101 à la session 873.

À cette session, il y avait dix groupes de chimie 101, dont cinq ont utilisé **Chimie raisonnée**. Les détails des statistiques de cette analyse sont présentés à l'annexe I.

Il ressort de cette analyse que les étudiantes et les étudiants soumis à **Chimie raisonnée** présentent un meilleur taux de réussite à la fois dans les cours de mathématiques et de chimie. L'approche pédagogique telle que préconisée dans **Chimie raisonnée** peut-elle être en partie responsable de cette performance? Cette question est de nature à susciter d'autres recherches qui ne manqueront pas d'apporter des renseignements supplémentaires sur la validité de la méthode de **Chimie raisonnée**.

ANNEXE A

STATISTIQUES DES ÉTUDIANTES ET DES ÉTUDIANTS
INSCRITS EN CHIMIE GÉNÉRALE (202-101) AU CÉGEP DE RIMOUSKI

Session	Inscrits	Réussis	Échecs	Abandons	Inc.	% réussites
803	250	187	35	28	-	74.8
811	16	10	5	1	-	62.5
812	13	10	2	1	-	76.9
813	238	187	31	20	-	78.6
821	18	8	9	1	-	44.4
823	258	196	32	26	4	76.0
831	36	21	12	3	-	58.3
832	20	17	3	-	-	85.0
833	337	267	46	23	1	79.2
841	55	36	13	6	-	65.5
842	16	16	-	-	-	100
843	315	250	43	22	-	79.4
851	45	31	6	8	-	68.9
852	14	12	1	1	-	85.7
853	296	199	63	29	5	67.2
861	54	31	17	6	-	57.4
863	316	237	50	29	-	75.0
871	35	12	20	3	-	34.3
873	235	187	34	13	1	79.6
Total	2567	1914	422	220	11	74.6%

ANNEXE B

Habiletés attendues des étudiantes et des étudiants en chimie générale qui ne peuvent être comprises par ceux qui ne possèdent pas la pensée abstraite, d'après Herron, Université Purdue.

Ce que les étudiants peuvent faire	Ce que les étudiants ne peuvent pas faire
1- Faire des observations et des mesures de routine.	1- Mesurer la masse volumique, la chaleur de réaction et les autres grandeurs dérivées qui ne sont pas observées directement.
2- Faire des déductions qui découlent directement des observations; exemple: les objets de bois brûlent.	2- Faire des déductions en chaîne (syllogismes), qui ne découlent pas d'observations directes; exemple: le papier, le bois et l'essence brûlent, ce sont des composés du carbone, les composés du carbone brûlent.
3- Accepter l'idée que le rapport de masse ou de volume hydrogène-oxygène est constant dans l'eau, seulement lorsque les observations sont faites directement ou que l'origine des données est bien comprise.	3- Conclure que les rapports constants de masse et de volume dans les substances, telle l'eau, sont dus à des combinaisons définies de particules dans les composés.
4- Tracer les courbes de refroidissement de substances pures et de mélanges et en déduire la pureté ou non d'une substance inconnue.	4- Expliquer le pourquoi des plateaux d'une courbe de refroidissement d'une substance pure lors des changements de phase.

5- À l'aide d'une simulation mécanique du comportement d'un gaz, prévoir l'effet d'une augmentation de température sur l'énergie cinétique moyenne et la distribution des énergies des molécules d'un gaz.	5- D'après les postulats de la théorie cinétique, prévoir les conditions de température et de pression pour lesquelles les gaz réels n'obéiront pas aux lois des gaz parfaits.
6- À partir de la définition de la concentration molaire volumique, préparer 1000 mL d'une solution 1 mol/L	6- À partir de la définition de la concentration molaire volumique, préparer 25 mL d'une solution 2,5 mol/L ou préparer 1000 mL d'une solution 0,25 mol/L à partir d'une solution de 3 mol/L
7- Trouver la formule empirique d'un composé à partir d'une série de règles.	7- Comprendre pourquoi suivre une série de règles permet de trouver la formule empirique.
8- Concevoir la masse atomique molaire comme la masse d'un nombre donné d'atomes; c'est-à-dire la masse atomique molaire est la masse de $6,02 \times 10^{23}$ atomes.	8- Concevoir la masse atomique molaire comme le rapport de la masse d'une mole d'atomes et de la masse d'une mole d'atomes d'un élément de référence.
9- Utiliser un mode d'emploi pour résoudre des problèmes lorsque les unités donnent un indice des opérations à effectuer.	9- Utiliser des rapports pour solutionner des problèmes qui ne sont pas des copies des problèmes mémorisés.
10- Balancer des équations, écrire des formules, calculer la masse molaire moléculaire, etc., à l'aide de règles établies.	10- Déduire les règles pour balancer des équations, écrire des formules, etc., à partir de principes généraux tels la loi de la conservation de la masse ou la loi des proportions définies.
11- Admettre qu'un acide est une substance qui fait tourner au rouge le papier tournesol.	11- Admettre qu'un acide est un donneur de proton ou un accepteur de paire d'électrons.

12- Démontrer la présence d'ions en solution par la mesure de la conductibilité électrique; mesurer le courant qui circule dans une solution; montrer que la masse de métal déposée sur une électrode augmente régulièrement avec le courant ou avec le temps.	12- Prévoir la variation de temps nécessaire pour compenser une variation observée de courant; utiliser les mesures de courant et de temps pour calculer le nombre d'atomes de métal déposés.
13- Appliquer les règles régissant les vitesses de réaction pour prévoir les effets sur la vitesse de variations de température et de concentration.	13- Expliquer l'effet de changements de température ou de concentration à l'aide de la théorie des collisions.
14- Observer l'effet d'un changement de température, de concentration ou de pression sur la concentration d'un des composants d'un système à l'équilibre et prévoir l'état du système lorsque d'autres changements de même nature sont effectués.	14- Prevoir l'effet sur un autre composant du système lorsque ces mêmes changements de température, de pression ou de concentration sont effectués. Connaissant la constante d'équilibre, prévoir l'effet sur la concentration d'un des composants du système lorsque la concentration d'un autre composant varie.
15- Connaissant le volume de base nécessaire pour neutraliser 1 g d'acide, calculer le volume de base nécessaire pour neutraliser toute autre quantité d'acide.	15- Connaissant la concentration d'une base et le volume nécessaire pour neutraliser un certain volume d'acide, calculer la concentration de l'acide.
16- Placer différents métaux dans une solution contenant un ion métallique et utiliser l'observation pour déterminer la réactivité des métaux concernés par rapport au métal en solution.	16- Utiliser des observations d'un ensemble d'expériences pour établir une échelle de réactivité des métaux entre eux.

Traduction des auteurs

ANNEXE C

EXAMEN DE SYNTHÈSE

COLLÈGE DE RIMOUSKI

Chimie 202-101 Décembre 1987

NOM: _____

QUESTION 1 (25 points)

Une molécule organique à la forme suivante:

$$\underset{1}{N}\ \underset{2}{C}\ \underset{3}{CH_2}\ \underset{4}{O}\ \underset{5}{(CO)}\ OH$$

Les atomes numérotés sont attachés les uns aux autres selon l'ordre numérique présenté.

A) Déterminez la géométrie autour de chacun des atomes numérotés et justifiez vos réponses selon:

   a) les structures de Lewis ou les cases quantiques;
   b) la théorie de l'hybridation ou la théorie de la répulsion des paires d'électrons (Gillespie).

B) Dessinez la formule développée de la molécule en indiquant sur celle-ci:

   a) les angles de liaisons;
   b) la polarité de chaque liaison à l'aide d'un vecteur;
   c) le type de recouvrement d'orbitales de chaque liaison (type de liaison).

QUESTION 2 (24 points)

À la fin d'une expérience de laboratoire, le technicien a jeté, dans un contenant de récupération propre, les substances suivantes: de l'eau, du méthanol (CH_3OH), du tétrachlorure de carbone et du sel de table. Par curiosité à la fin de la récupération, il agite vigoureusement le tout.

Sachant que la masse volumique de chacune de ces substances est:

eau 0,998 g/cm³
méthanol 0,79 g/cm³
tétrachlorure de carbone 1,59 g/cm³
sel de table 2,16 g/cm³

QUESTION 2 (suite)

Décrivez le contenu du récipient par un texte et/ou un dessin et justifiez la position de chacune des substances à l'aide des notions de:

- polarité des molécules;
- forces intermoléculaires;
- solubilité;
- etc.

QUESTION 3 (28 points)

Lors des 6 jours d'une expédition lunaire américaine à la fin des années 60, le dioxyde de carbone produit par la respiration des trois astronautes était éliminé par la réaction avec de l'hydroxyde de sodium solide. Cette réaction produit du trioxocarbonate de disodium solide et de l'eau.

Un astronaute produit en moyenne 1,0 kg de dioxyde de carbone par 24 h. La NASA avait placé 40,0 kg d'hydroxyde de sodium à bord du vaisseau spatial.

Vous devez:

a) donner l'équation complète de cette réaction;

b) calculer le volume de dioxyde de carbone produit par un astronaute par jour aux conditions ambiantes (25°C et 101 kPa);

c) déterminer la masse totale de trioxocarbonate de disodium ramenée sur terre;

d) calculer le volume d'eau produit pendant le voyage, sachant que la masse volumique de l'eau est de 0,998 g/cm^3.

QUESTION 4 (18 points)

Les définitions qui suivent permettent d'identifier les 18 premiers éléments du tableau périodique.

Dessinez le début du tableau périodique de façon à pouvoir y placer le chiffre correspondant à celui utilisé dans les définitions.

Les numéros utilisés sont fictifs et ne devraient pas correspondre aux numéros atomiques.

* 1 est un halogène gazeux aux conditions ambiantes;

* 2 et 3 forment des molécules triangulaires planes (angles de 120°) lorsque chacun est combiné avec un halogène. L'électronégativité de 3 est plus grande que celle de 2;

QUESTION 2 (suite)

Décrivez le contenu du récipient par un texte et/ou un dessin et justifiez la position de chacune des substances à l'aide des notions de:

- polarité des molécules;
- forces intermoléculaires;
- solubilité;
- etc.

QUESTION 3 (28 points)

Lors des 6 jours d'une expédition lunaire américaine à la fin des années 60, le dioxyde de carbone produit par la respiration des trois astronautes était éliminé par la réaction avec de l'hydroxyde de sodium solide. Cette réaction produit du trioxocarbonate de disodium solide et de l'eau.

Un astronaute produit en moyenne 1,0 kg de dioxyde de carbone par 24 h. La NASA avait placé 40,0 kg d'hydroxyde de sodium à bord du vaisseau spatial.

Vous devez:

a) donner l'équation complète de cette réaction;

b) calculer le volume de dioxyde de carbone produit par un astronaute par jour aux conditions ambiantes (25°C et 101 kPa);

c) déterminer la masse totale de trioxocarbonate de disodium ramenée sur terre;

d) calculer le volume d'eau produit pendant le voyage, sachant que la masse volumique de l'eau est de 0,998 g/cm^3.

QUESTION 4 (18 points)

Les définitions qui suivent permettent d'identifier les 18 premiers éléments du tableau périodique.

Dessinez le début du tableau périodique de façon à pouvoir y placer le chiffre correspondant à celui utilisé dans les définitions.

Les numéros utilisés sont fictifs et ne devraient pas correspondre aux numéros atomiques.

- 1 est un halogène gazeux aux conditions ambiantes;

- 2 et 3 forment des molécules triangulaires planes (angles de 120°) lorsque chacun est combiné avec un halogène. L'électronégativité de 3 est plus grande que celle de 2;

* le dernier électron de 4 et 5 ont 2 comme valeur du nombre quantique principal. L'énergie de 1ère ionisation de 4 est la plus grande de la période, celle de 5 , la plus petite;

* la configuration électronique de 6 est $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

* 7 présente la plus grande électronégativité de ces éléments, 8, la plus petite;

* de la troisième période, 9 forme une molécule triatomique linéaire lorsque combiné à l'hydrogène;

* 10 et 11 présentent des niveaux quantiques saturés, l'énergie de 1ère ionisation de 11 est plus petite que celle de 10;

* l'ion 1- de 12 est isoélectronique avec l'ion 2+ de 13;

* la représentation par cases quantiques de 14 donne:

* 15 présente une hybridation sp^3 et des angles de 109° lorsqu'il forme 4 liens σ. Il a le plus grand rayon des éléments utilisés de sa famille;

* 16 et 17 se suivent dans le tableau périodique et l'énergie de 1ère ionisation de 17 est plus grande que celle de 16;

* les 6 premières énergies d'ionisation successives de 18 sont: 18,0, 39,1, 76,7, 103,3, 628,1 et 784,9 (10^{-19}J).

ANNEXE D

QUESTIONS INTERMÉDIAIRES

1- Complétez le tableau

élément		Z	A	particules par atomes			charge	notation isotopique
nom	symbole			p^+	e^-	n^0		
			39	19			+1	
azote					10	7		
								$^{30}_{14}Si^{4+}$

2- Il est facile de produire en laboratoire du dihydrogène par l'action d'une solution de chlorure d'hydrogène sur du zinc métallique. On place dans un bécher 143,9 g de zinc et suffisamment de solution aqueuse pour avoir 146,0 g de chlorure d'hydrogène. Le dihydrogène s'échappe du mélange.

a) Donnez l'équation de la réaction;

b) Déterminez le nombre maximum de moles de dichlorure de zinc obtenues;

c) Quel est le volume maximum de dihydrogène dégagé aux conditions ambiantes;

d) Nommez les substances présentes dans le bécher à la fin de la réaction.

3- Lors de l'électrolyse de l'eau, le passage d'un courant électrique dans l'eau provoque le dégagement de deux substances à l'état élémentaire.

Lorsque 18,0 g d'eau sont décomposés par électrolyse, quels sont:

a) le volume obtenu pour la substance produite en plus petite quantité (en volume);

b) la masse produite de la substance obtenue en plus grande quantité (en volume)?

4- Complétez le tableau suivant:

Nom (nomenclature systématique)	Formule
.....	H_2SO_4
trioxonitrate de potassium	.....
.....	$Fe(OH)_3$
trioxyde de dialuminium	.....
.....	H_2O_2
chlorure d'ammonium	.....

5- A) Indiquez la configuration électronique par notation orbitale et cases quantiques des atomes suivants (les symboles sont fictifs):

a) $^{16}_{8}X$ b) $^{28}_{14}Z$ c) $^{52}_{24}J$

B) Écrivez les quatre nombres quantiques du:

a) cinquième électron de X;

b) quatorzième électron de Z;

c) vingt-troisième électron de J.

6- À l'aide des descriptions qui suivent, placez le numéro précédant chaque description dans une des cases de la partie illustrée du tableau périodique que vous aurez recopiée sur la feuille réponse.

1- Ses cinq premières énergies d'ionisation sont 13,3, 40,3, 60,8, 415,5, 455,3 (X 10^{-19}J).

2- Présente une symétrie sphérique et trois électrons célibataires.

3- Avec une charge de -1, son dernier électron est apparié (une paire) dans une orbitale définie par $m_l = -1$.

4- Possède le plus grand rayon atomique de sa période et de sa famille.

5- Avec une charge de +4, présente un niveau quantique saturé.

6- Avec une charge de -1, présente une configuration électronique d'alcalin.

7- À la plus grande énergie de première ionisation de la deuxième période.

8- Avec une charge de +1, il est isoélectronique au numéro 6 (description) porteur d'une charge de +2.

9- Sa configuration électronique se termine par p^4.

10- Son dernier électron a, entre autres, $m_l = 0$ et $m_s = -\frac{1}{2}$.

7- a) Quelle est la variation de l'énergie de première ionisation des éléments de la deuxième rangée du tableau périodique?

b) Comment peut-on expliquer cette variation?

c) Indiquez, pour chaque paire d'éléments donnée, l'élément qui possède la plus grande énergie de 1ère ionisation.

Ca et Ga, As et Se, Se et Br.

ANNEXE E

TEST DE CONNAISSANCES EN CHIMIE DE FIN DE SECONDAIRE

COLLÈGE DE RIMOUSKI

CHIMIE 202-101 AOUT 1987

Les questions ont toutes la même valeur

- 1 -

Soit l'équation non-équilibrée

$$SO_2\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow SO_3\ (g)$$

A) Quel est le nombre maximum de molécules de SO_3 produites lors du mélange de 15 molécules de O_2 et de 10 molécules de SO_2 lorsque l'équation est équilibrée?

B) Combient faut-il utiliser de molécules de O_2 pour produire $1,0 \times 10^{21}$ molécules de SO_3?

C) Combien y a-t-il d'atomes d'oxygène impliqués dans la réaction lorsque 25 molécules de SO_3 sont produites?

Les sous-questions suivantes utilisent ces données supplémentaires:

6,4 g de dioxyde de soufre réagissent avec suffisamment de dioxygène pour se transformer au complet. La réaction s'effectue à 25°C et à 100 kPa; dans ces conditions, une mole de gaz occupe un volume de 24,5 L.

D) Quel est le volume minimum de dioxygène nécessaire?

E) Quel est le nombre de moles de trioxyde de soufre produites?

F) Quelle est la masse de dioxygène qui réagit?

G) Combien y a-t-il de molécules de dioxyde de soufre qui réagissent?

H) Quelle est la masse de trioxyde de soufre produite?

Complétez le tableau à l'aide des définitions données. Le tableau représente le début du tableau périodique des éléments. Il faut placer le numéro de la définition dans la case de l'élément correspondant.

1- Sa configuration électronique est: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

2- Sa structure de Lewis est: $\cdot\underset{\cdot}{\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\overset{\cdot}{\mathrm{X}}}}}\cdot$

3- Possède la plus grande électronégativité de ce groupe d'éléments.

4- Le plus petit de ces éléments.

5- Un de ses isotopes ne possède pas de neutrons.

6- Le plus gros élément de la deuxième période.

7- Est représenté par:

8- Est un gaz rare.

9- Est un alcalino-terreux.

10- Possède 5 protons par atome.

À l'aide de ces définitions, complétez le mot entrecroisé qui suit:

1- Particule constituée d'un noyau très petit et extrêmement dense entourée d'un nuage d'électrons.

2- Atome ou groupe d'atomes chargé.

3- Préfixe indiquant qu'une réaction chimique absorbe de l'énergie.

4- Nom de l'ion NO_3^-.

5- Autre nom donné à la constante d'Avogadro.

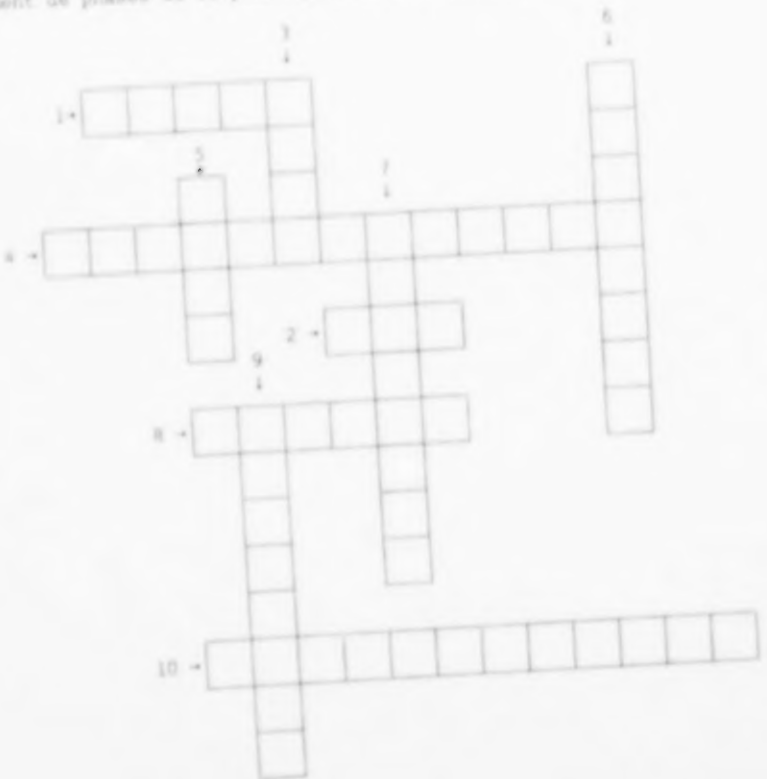
6- Entité de base dont est constituée une substance.

7- Atomes d'un même élément de masses différentes.

8- Déterminé entre autres par le numéro atomique.

9- Réorganisation d'atomes lorsque des substances sont en contact.

10- Changement de phases de la phase gazeuse à la phase liquide.



ANNEXE F

COMPARAISON 1

RÉSULTATS DE L'APPLICATION DU TEST DE FISHER

TABLEAU 4.12

HABILETÉ SCOLAIRE

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	4,79 **8,63**	3,85 **7,51**	3,07 **7,59**	13,50 **7,44***	6,85 **7,51**	
2T	2,07 **8,49**	-3,00 **7,35**	-3,78 **7,43**	6,65 **7,28**		
3E	8,71 **8,43***	-2,07 **8,49**	10,43 **7,36***			
4T	1,72 **8,56**	0,78 **7,43**				
5E	0,93 **8,49**					
6 (témoin)						

Légende

Pour tous les tableaux indiquant les résultats aux tests de Fisher dans chaque rectangle, les chiffres en caractères ordinaires indiquent la différence entre les groupes pris deux à deux (le plus petit numéro, exemple 1 E - 6T. Les chiffres en caractères gras correspondent aux résultats du test de Fisher. L'astérisque signifie que la différence entre deux moyennes est significative à $p \leq 0.05$

ANNEXE F

COMPARAISON 1

RÉSULTATS DE L'APPLICATION DU TEST DE FISHER

TABLEAU 4.12

HABILETE SCOLAIRE

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	4,79 **8,63**	3,85 **7,51**	3,07 **7,59**	13,50 **7,44***	6,85 **7,51**	
2T	2,07 **8,49**	-3,00 **7,35**	-3,78 **7,43**	6,65 **7,28**		
3E	6,71 **8,43***	2,07 **8,49**	10,43 **7,36***			
4T	1,72 **8,56**	0,78 **7,43**				
5E	0,93 **8,49**					
6 (témoin)						

Légende

Pour tous les tableaux indiquant les résultats aux tests de Fisher dans chaque rectangle, les chiffres en caractères ordinaires indiquent la différence entre les groupes pris deux à deux (le plus petit numéro, exemple 1 E - 6T. Les chiffres en caractères gras correspondent aux résultats du test de Fisher. L'astérisque signifie que la différence entre deux moyennes est significative à p< 0.05

TABLEAU 4.13

QUESTION 8

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	4,14 **3,96***	-0,98 **3,40**	-4,22 **3,48***	3,44 **3,36***	-2,20 **3,26**	
2T	6,34 **3,87***	1,22 **3,30**	-2,03 **3,39**	5,64 **3,26***		
3E	0,70 **3,96**	-4,42 **3,40***	-7,67 **3,48***			
4T	8,37 **4,06***	3,25 **3,52**				
5E	5,12 **3,99***					
6T						

TABLEAU 4.14

QUESTION 9

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	9,08 **3,94***	1,24 **3,39**	0,61 **3,47**	2,86 **3,35**	6,00 **3,25***	
2T	3,08 **3,86**	-4,77 **3,29***	-5,39 **3,38***	-3,14 **3,25**		
3E	6,22 **3,94***	-1,63 **3,39**	-2,25 **3,47**			
4T	8,47 **4,05***	0,62 **3,51**				
5E	7,84 **3,97***					
6T						

TABLEAU 4.15

QUESTION 10

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	2,54 **3,58**	-0,31 **3,08**	-0,44 **3,15**	2,67 **3,04**	3,06 **2,95***	
2T	-0,52 **3,50**	-3,37 **2,99***	-3,50 **3,07***	-0,39 **2,95**		
3E	-0,13 **3,58**	-2,98 **3,08**	-3,11 **3,15**			
4T	2,98 **3,68**	0,14 **3,19**				
5E	2,85 **3,61**					
6T						

TABLEAU 4.16

QUESTION 11

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	2,57 **3,14**	0,47 **2,70**	-0,51 **2,77**	1,11 **2,67**	2,48 **2,59**	
2T	0,09 **3,08**	-2,01 **2,62**	-2,99 **2,69***	-1,37 **2,59**		
3E	1,45 **3,14**	-0,64 **2,70**	-1,62 **2,77**			
4T	3,07 **3,22**	0,98 **2,80**				
5E	2,10 **3,17**					
6T						

TABLEAU 4.17

TOTAL EXAMEN DE SYNTHÈSE (8,9,10,11)

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	22,91 **14,24***	0,52 **12,24**	-5,70 **12,54**	12,61 **12,10***	11,69 **11,75**	
2T	11,22 **13,94**	-11,16 **11,89**	-17,39 **12,20***	0,93 **11,75**		
3E	10,30 **14,24**	-12,09 **12,24**	-18,32 **12,54***			
4T	28,61 **14,62***	5,23 **12,68**				
5E	22,39 **14,35***					

TABLEAU 4.18

TOTAL BARRAGE DE SYNTHÈSE (8,10,11)

groupes	6T	5E	4T	3E	2T	1E
1E	13,83 **11,39***	-0,71 **9,78**	-6,32 **10,02**	9,75 **9,67***	5,68 **9,38**	
2T	8,15 **11,14**	-6,39 **9,50**	-12,00 **9,75***	4,07 **9,38**		
3E	4,08 **11,38**	-10,46 **9,78***	-16,06 **10,02***			
4T	20,15 **11,68***	5,61 **10,13**				
5E	14,54 **11,47***					
6T						

ANNEXE G

COMPARAISON 2

RÉSULTATS DE L'APPLICATION DU TEST DE FISHER

TABLEAU 4.22
HABILETÉ SCOLAIRE

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	4,79 **6,52**	3,85 **5,68**	6,65 **5,68***	
2T	-2,07 **6,42**	-3,00 **5,56**		
5E	0,93 **6,42**			
6T				

TABLEAU 4.23
CONNAISSANCES EN CHIMIE

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	0,71 **2,43**	0,28 **2,16**	-0,20 **2,14**	
2T	0,92 **2,37**	-0,08 **2,09**		
5E	1,00 **2,39**			
6T				

TABLEAU 4.24

QUESTION 8

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	4,14 **4,23**	0,98 **3,63**	2,20 **3,49**	
2T	6,34 **4,14***	1,22 **3,53**		
5E	5,12 **4,26***			
6T				

TABLEAU 4.25

QUESTION 9

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	9,06 **3,82**	1,24 **3,28**	6,00 **3,15***	
2T	3,08 **3,74**	4,77 **3,19***		
5E	7,84 **3,85***			
6T				

TABLEAU 4.26

QUESTION 10

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	2,54 **3,43**	-0,31 **2,95**	3,06 **2,83***	
2T	-0,52 **3,36**	-3,37 **2,87***		
5E	2,85 **3,46**			
6T				

TABLEAU 4.27

QUESTION 11

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	2,57 **2,99**	0,47 **2,57**	2,48 **2,47***	
2T	0,09 **2,93**	-2,01 **2,49**		
5E	2,10 **3,01**			
6T				

TABLEAU 4.28

TOTAL EXAMEN DE SYNTHÈSE (8,9,10 ET 11)

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	22.91 **14,22'**	0.52 **12,22**	11,69 **11,73**	
2T	11.22 **13,92**	-11,16 **11,87**		
5E	22.39 **14,34'**			
6T				

TABLEAU 4.29

TOTAL EXAMEN DE SYNTHÈSE (8,10,11)

groupes	6T	5E	2T	1E
1E	13,83 **11,43'**	-0,71 **9,82**	5,80 **9,61**	
2T	8,03 **11,34**	-6,51 **9,72**		
5E	14,54 **11,52'**			
6T				

ANNEXE H

COMPARAISON 3

RÉSULTATS DE L'APPLICATION DU TEST DE FISHER

TABLEAU 4.32
HABILETÉ SCOLAIRE

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	3,07 **8,33**	14,50 **8,18***	6,85 **8,25**	
2T	-3,78 **8,16**	6,65 **8,00**		
3E	-10,43 **8,09***			
4T				

TABLEAU 4.33
QUESTION 1

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	0,18 **1,32**	1,43 **1,28***	0,87 **1,25**	
2T	-0,69 **1,26**	0,56 **1,22**		
3E	-1,25 **1,30**			
4T				

TABLEAU 4.34

QUESTION 2

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-2,53 **3,36**	0,24 **3,27**	1,22 **3,22**	
2T	-3,76 **3,26***	-0,98 **3,15**		
3E	-2,78 **3,29**			
4T				

TABLEAU 4.35

QUESTION 3

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-0,94 **2,46**	-1,76 **2,40**	-2,07 **2,36**	
2T	1,13 **2,39**	0,31 **2,33**		
3E	0,82 **2,43**			
4T				

TABLEAU 4.36

QUESTION 4

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	0,20 **0,59**	0,59 **0,57***	-0,27 **0,56**	
2T	0,47 **0,57**	0,86 **0,55***		
3E	-0,39 **0,58**			
4T				

TABLEAU 4.37

QUESTION 5

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	1,49 **1,73**	2,73 **1,68***	2,65 **1,61***	
2T	-1,15 **1,66**	0,08 **1,60**		
3E	-1,24 **1,72**			
4T				

TABLEAU 4.38

QUESTION 6

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-1,99 **2,82**	2,08 **2,73**	1,68 **2,68**	
2T	-3,67 **2,74***	0,40 **2,65**		
3E	-4,07 **2,79***			
4T				

TABLEAU 4.39

QUESTION 7

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	3,04 **2,66***	2,77 **2,50***	7,59 **2,53***	
2T	-4,55 **2,59***	-4,82 **2,60***		
3E	0,27 **2,64**			
4T				

TABLEAU 4.40

TOTAL DES QUESTIONS INTERMÉDIAIRES (1 À 7)

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	1,08 **10,51**	9,32 **10,18**	13,94 **9,92***	
2T	-12,86 **10,04***	-4,63 **9,70**		
3E	-8,24 **10,30**			
4T				

TABLEAU 4.41

QUESTION 8

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-4,22 **3,54***	3,44 **3,41***	-2,20 **3,31**	
2T	-2,03 **3,44**	5,64 **3,31***		
3E	-7,67 **3,54***			
4T				

TABLEAU 4.42

QUESTION 9

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	0,61 **3,41**	2,86 **3,29**	6,00 **3,20***	
2T	-5,39 **3,32***	-3,14 **3,20**		
3E	-2,25 **3,41**			
4T				

TABLEAU 4.43

QUESTION 10

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-0,44 **3,23**	2,67 **3,11**	3,06 **3,02***	
2T	-3,50 **3,14***	-0,39 **3,02**		
3E	-3,11 **3,23**			
4T				

TABLEAU 4.44

QUESTION 11

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-0,51 **2,85**	1,11 **2,75**	2,48 **2,67**	
2T	-2,99 **2,78***	-1,37 **2,67**		
3E	-1,62 **2,85**			
4T				

TABLEAU 4.45

TOTAL EXAMEN DE SYNTHÈSE (8,9,10 ET 11)

groupes	4T	3E	2T	1E
1E	-5,70 **12,47**	12,61 **12,03***	11,69 **11,68***	
2T	-17,39 **12,13***	0,93 **11,68**		
3E	-18,32 **12,47***			
4T				

TABLEAU 4.46

TOTAL EXAMEN DE SYNTHÈSE (8,10 ET 11)

groupes	4 T	3 E	2 T	1 E
1 E	-6,32 **10,15**	9,75 **9,79**	5,68 **9,50**	
2 T	-12,00 **9,87***	4,07 **9,50**		
3 E	-16,07 **10,15***			
4 T				

ANNEXE I

COMPARAISON DES RÉSULTATS EN CHIMIE ET EN MATHÉMATIQUES DES ÉTUDIANTES ET DES ÉTUDIANTS AYANT SUIVI LE COURS DE CHIMIE 101 À LA SESSION 873

TABLEAU I

SUIVI DES ÉTUDIANTES ET DES ÉTUDIANTS AYANT RÉUSSI AUX DIFFÉRENTS COURS DE CHIMIE

	Groupes	NO DE COURS Chimie 101	Chimie 201	Chimie 202
CHIMIE RAISONNÉE	1(E)	24	20	11
	3(E)	27	18	11
	5(E)	24	18	17
	7	29	19	14
	8	18	13	12
AUTRES MÉTHODES	2(T)	28	20	12
	4(T)	24	17	15
	6(T)	16	10	4
	9	24	18	11
	10	9	6	2

TABLEAU II

COMPARAISON DU TAUX DE RÉUSSITE ENTRE LES COURS DE CHIMIE

Cours comparés	TAUX DE RÉTENTION Chimie raisonnée	Autres méthodes
Chimie 201 / Chimie 101	72,1%	70,3%
Chimie 202 / Chimie 101	53,3%	43,6%
Chimie 202 / Chimie 201	73,9%	62,0%

TABLEAU III

SUIVI DES ÉTUDIANTES ET DES ÉTUDIANTS AYANT RÉUSSI AUX DIFFÉRENTS COURS DE CHIMIE ET DE MATHÉMATIQUES

	Groupes	NO DE COURS				
		Chimie 101	Chimie 201	Chimie 202	Maths 103	Maths 203
CHIMIE RAISONNÉE	1(E)	73,7%	81,7%	81,6%	76,1%	76,4%
	3(E)	65,4%	74,3%	77,3%	79,2%	71,2%
	5(E)	74,9%	80,7%	77,2%	73,5%	79,9%
	7	69,8%	84,4%	83,7%	76,5%	75,5%
	8	69,9%	70,5%	70,9%	76,3%	72,3%
AUTRES MÉTHODES	2(T)	66,5%	70,9%	69,9%	75,1%	71,8%
	4(T)	78,2%	83,9%	80,1%	80,2%	80,6%
	6(T)	62,7%	72,7%	88,7%	69,6%	77,1%
	9	69,8%	73,6%	74,7%	73,6%	64,4%
	10	53,6%	61,8%	79,5%	70,5%	43,5%

TABLEAU IV

COMPARAISON DU TAUX DE RÉUSSITE AUX COURS DE MATHÉMATIQUES

	% DE RÉUSSITE EN MATHS	
	Chimie raisonnée	Autres méthodes
Maths 103	86,4%	83,3%
Maths 203	82,6%	76,6%

BIBLIOGRAPHIE

AIKENHEAD, G.-S. L'enseignement des sciences dans une perspective sociale: exposé à débattre, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1981, 86 pages.

BANGERT, R.-L., et al. L'enseignement individualisé à l'école secondaire, Vie pédagogique, n° 30, avril 1984, pages 4-9.

BÉLANGER, R. L'autosupervision pédagogique: une démarche pour réfléchir à son enseignement, Vie pédagogique, n° 55, juin 1988, pages 32-33.

BEISTEL, D.W. A Piagetian Approach to General Chemistry, Journal of Chemical Education, vol. 52, n° 3, march 1975, pages 151-152.

BERGERON, J., et al. Pouvons-nous vraiment initier les enfants du primaire à la démarche scientifique?, Vie pédagogique, n° 25, juin 1983, pages 3-38.

BERNARD, H., CYR, J.-M. et F. Fontaine. L'apprentissage expérimentiel, Université de Montréal, Service pédagogique, Montréal, 1981.

BERTRAND, Yves. L'enseignement des sciences ou l'échec d'une réforme qui n'en était pas une, Vie pédagogique, n° 13, juin 1981, pages 13-15.

BLOUIN, Y. Réussir en sciences, Sillery, Cégep François-Yavier Garneau, 1986, 135 pages.

BRIAND, J.-M., et al. Le développement de la pensée formelle par les méthodes Logos et B.B.G.R., Rimouski, Cégep de Rimouski, 1986, 97 pages.

BRIAND, J.-M., et al. Apprentissage des Probabilités et de la Statistique selon la méthode B.B.G.R., Rimouski, Service de recherche et expérimentation du Cégep de Rimouski, 1982, 39 pages.

BRIEN, R. Une perspective pour le choix de stratégies d'enseignement, Revue des sciences de l'éducation, vol. IX, n° 1, 1983, pages 23-29.

BROSSARD, L., et al. Dossier: Portraits de bons profs, Vie pédagogique, n° 39, novembre 1985, pages 17-37.

BROSSARD, L. L'école secondaire en projet, Vie pédagogique, n° 33, novembre 1984, pages 23-27.

CANTIN, R., et L. CHÉNARD. Chimie raisonnée, Montréal, Éditions du renouveau pédagogique inc, 1989, 368 pages.

CHABOT, M. Le cerveau prodigue ou comment ne pas sous-estimer les capacités d'apprentissage des enfants, Vie pédagogique, n° 48, avril 1987, pages 21-24.

COLLOQUE PLURIDISCIPLINAIRE 1982. Les sciences au collégial: Nouveau départ, Sainte-Foy, 255 pages.

CONSEIL DES COLLÈGES. La réussite, les échecs et les abandons au collégial, Gouvernement du Québec, 1988, 100 pages.

CORRIVEAU, G. Un enseignement de la physique axé sur le développement d'habiletés scientifiques: une école où les jeunes ne manquent pas d'expériences, Vie pédagogique, n° 46, janvier 1987, pages 4-8.

CORRIVEAU, C. Quand Lavoisier montre des signes d'aliénation: une histoire de cas sur l'enseignement des sciences dans une polyvalente québécoise, Vie pédagogique, n° 37, juin 1985, pages 37-40.

CORRIVEAU, G. Un enseignement de la physique axé sur le développement d'habiletés scientifiques: évaluer des habiletés scientifiques, Vie pédagogique, n° 47, mars 1987, pages 12-16.

CORRIVEAU, G. Un enseignement de la physique axé sur le développement d'habiletés scientifiques: ce qu'il faut savoir pour favoriser le changement, Vie pédagogique, n° 48, avril 1987, pages 8-11.

COTÉ, C., et J.-E. LEIDE. Lecture et pensée formelle chez les adolescents de secondaire V, Asted, 1986.

DESAUTELS, J. Les conceptions spontanées des élèves et de l'apprentissage des sciences, Vie pédagogique, n° 27, novembre 1983, pages 19-23.

DESAUTELS, P. La pensée formelle, Montréal, Collège de Rosemont, 1978, 121 pages.

DESAUTELS, P. Piaget, Montréal, Collège de Rosemont, 1985, 127 pages.

DÉSILETS, J., et D. ROY. La méthode Logos, un virage pédagogique, Rimouski, Cégep de Rimouski, 1988, 125 pages.

DÉSILETS, J. et D. ROY. L'apprentissage du raisonnement, Montréal HRW, 2e édition, 1986.

DESPINS, J.-P et al. Connaître les styles d'apprentissage pour mieux respecter les façons d'apprendre des enfants, Vie pédagogique, n° 39, novembre 1985, pages 10-16.

D'HAINNAULT, L. Des fins aux objectifs: un cadre conceptuel et une méthode générale pour établir les résultats attendus d'une formation, Paris, Nathan, 1983.

DIÈNES, Z.-P. Construction des mathématiques, Paris, P.V.F., 1966, 180 pages.

DRAKE, E. Lauson. À l'école des sciences: La jeunesse canadienne face à son avenir: rapport 36, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1984, 91 pages.

FÉLIX-LARIVIÈRE, C., et J.-M. LECLERC. L'enseignement systématique, Université de Montréal, 1982, 255 pages.

GAGNÉ, R.-M. Les principes fondamentaux de l'apprentissage, Montréal, Éditions HRW, 1976.

GAUTHIER, L., et M. Poulin. Savoir apprendre, Édition Université de Sherbrooke, Coll. Psychologie et orientation, Sherbrooke, 1985.

GROUPE DÉMARCHES, Programme de développement de la pensée formelle, Tome 1: Fondements théoriques, Québec, Collège de Limoilou, 1986; Tome 2: Approche pédagogique, 1987.

GUILLET, J.-P et al. École + science = succès?, Cegepropos, 1981, pages 21-23.

HERRON, J.-D. Piaget for chemists: explaining what Good Students cannot understand, Journal of chemical Education, vol. 52, n° 3, march 1975, pages 146-150.

INHELDER, B., et J. PIAGET. De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, Paris, P.U.F., 1970.

JACQUARD, A. La douance contre l'existence, Vie pédagogique, n° 44, octobre 1986, pages 19-20.

JOYCE, B. Models for teaching thinking, Education Leadership, vol. 42, n° 8, mai 1985, pages 4-7.

KOLB, D.-A et al. L'apprentissage et la résolution des problèmes, Montréal, Guérin, 1976.

LABONTÉ, T. Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège: synthèse de recherches, Québec, Direction de la recherche, MEQ, 1982, 106 pages.

LECLERC, R. Traité de la méthode scientifique, Dunod, Paris, 1964.

Les Sciences au Québec: Quelle éducation? Compte rendu du colloque organisé par le Conseil des Sciences du Canada et l'Association des professeurs de sciences du Québec, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1981, 134 pages.

MEQ. Apprendre pour le vrai, Conseil supérieur de l'éducation, Québec, 1986.

MORIN, L., et J.-M. Gagnon. Enseignement des sciences: préparer l'avenir, Vie pédagogique, n° 32, octobre 1984, pages 18-20.

MUMBY, H. Qu'est-ce que la pensée scientifique?, exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada.

NADEAU, R., et J. Desautels. Épistémologie et didactique des sciences: exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada.

NOELTING, G. Le développement cognitif et le mécanisme de l'équilibration, Chicoutimi, Gaétan Morin, 1982.

ORPWOOD, Graham W.-F et J.-P. SOUQUE. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes: abrégé de l'étude de documentation 52, Ottawa, Conseil des sciences du Canada, 1984, 46 pages.

ORPWOOD, Graham W.-F., et J.-P. SOUQUE. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes: Volume 1- Introduction et analyse des programmes d'études, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1984, 224 pages.

ORPWOOD, Graham W.-F et ALAM, Isme. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes: Volume II- Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1984, 125 pages.

PIAGET, J. La psychologie de l'intelligence, Paris, Colin, 1981, 192 pages.

PROVENCHER, G. Les styles d'enseignement; ce qu'en disent les recherches, Vie pédagogique, n° 17, 1982, pages 1-4.

RICHARD, M. Les 3 cerveaux dans le processus d'apprentissage, Vie pédagogique, n° 54, avril 1988, pages 14-17.

RISI, M. Le macroscole ou l'enseignement systémique des sciences, octobre 1982.

ROBERGE, A. L'individualisation de l'enseignement ou la longue marche d'une idée, Vie pédagogique, n° 32, octobre 1984, pages 4-9.

ROBERTS, D.-A. La culture scientifique. Vers l'équilibre dans le choix des objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école, Ottawa, Conseil des Sciences du Canada, 1983, 45 pages.

ROULEAU, D. Étude du phénomène d'échecs et d'abandons en chimie générale, Lauzon, Collège Lévis-Lauzon, 1985, 145 pages.

SMITH, F. La compréhension de l'apprentissage, Montréal, Éditions HRW, 1979.

SOUQUE, J.-P. Le virage technologique et l'enseignement des sciences, Vie pédagogique, n° 27, novembre 1981, pages 28-32.

STE-MARIE, L. Évaluation de l'enseignement des sciences au secondaire en fonction des objectifs généraux et particuliers de cet enseignement: Rapport final, Montréal, Faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal, 1980, 217 pages.

TELLIER, J. Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial, Service de recherche pédagogique, Cégep de St-Jérome, mai 1979, 40 pages.

THOMLINSON-KEASY, C. et D. EISERT. Can doing promote thinking in the college classroom?, Journal of college student personnel, mars 1978.

TORKIA-LAGACÉ, M. La pensée formelle chez les étudiants de collège I: objectif ou réalité?, Québec, Collège de Limoilou, 1981, 164 pages.

VACHON, J.-C. Intégration des notions scientifiques en enseignement professionnel: un besoin, une solution, Vie pédagogique, n° 50, octobre 1987, pages 10-14.

L'enseignement des sciences, de la chimie en particulier, est-il aussi profitable par une approche expérimentale, par induction, que par une approche traditionnelle?

L'enseignement et l'apprentissage de la chimie au collégial semblent présenter quelques difficultés. Nous avons élaboré une méthode semi-individualisée axée sur l'expérimentation pour le premier cours de chimie au collégial, appelée **Chimie raisonnée**. Pour en évaluer les effets, nous avons mené une expérimentation en collaboration avec M. Romain Rousseau de l'UQAR, où dans une adaptation du plan expérimental de Solomon, nous avons comparé les résultats de trois groupes expérimentaux (73 élèves) et trois groupes témoins (66 élèves) à un examen de synthèse commun. Dans le plan expérimental, trois types de variables ont été considérés: une variable indépendante **(Chimie raisonnée)**, deux variables dépendantes (examens intermédiaires et examen de synthèse), et deux variables de contrôle (habileté scolaire et connaissances en chimie de fin de secondaire). L'analyse de la variance et le test de comparaison multiple de Fisher ont été effectués. Il est permis de conclure que les résultats obtenus par les élèves des groupes expérimentaux sont souvent significativement supérieurs à ceux des élèves des groupes témoins. De plus, une analyse des résultats obtenus par les élèves dans les cours suivants de chimie et de mathématiques montrent un taux plus élevé de réussite pour les élèves des groupes expérimentaux. L'approche pédagogique de **Chimie raisonnée** est-elle responsable de cette performance?

1532-0-272